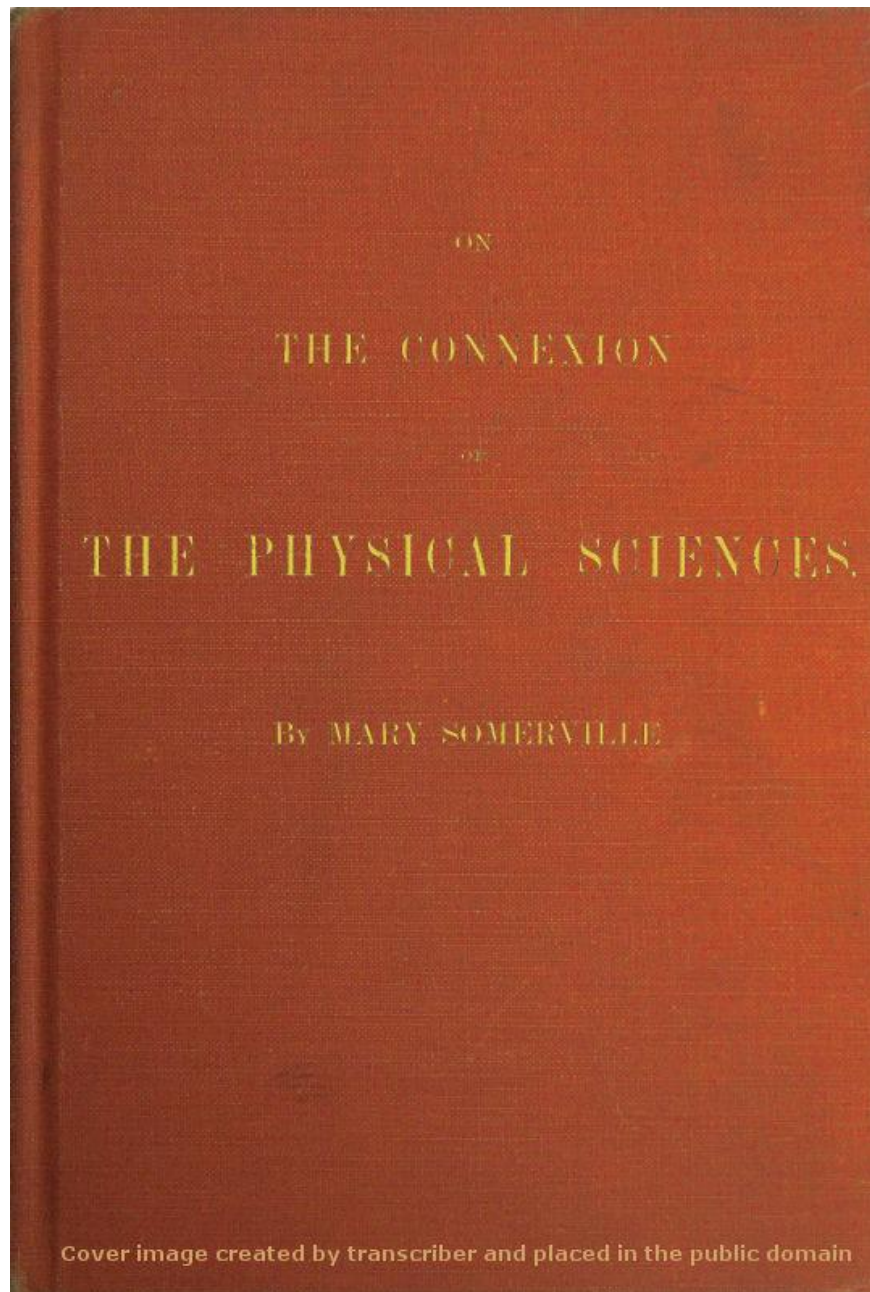


О связи физических наук

Мэри Сомервилл



Электронная книга проекта "Гутенберг" О связи физических наук

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: О связи физических наук

Автор: Мэри Сомервилл

Дата выхода: 21 августа 2016 г. [Электронная книга № 52869]

Последнее обновление: 23 октября 2024 г.

Язык: Английский

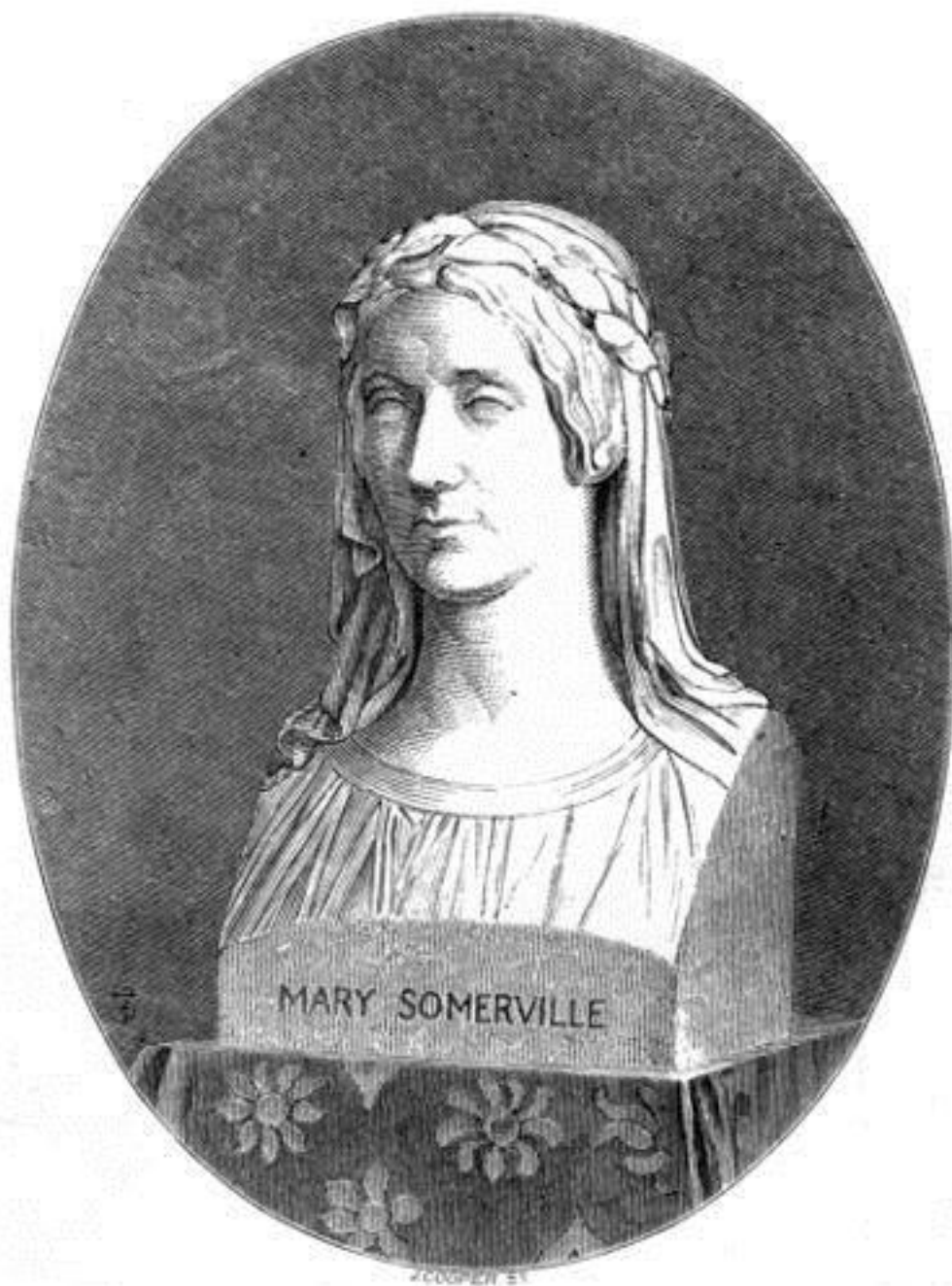
Кредиты: Подготовлено Соней Шерманн и командой онлайн-корректоров по адресу <http://www.pgdp.net> (Этот файл создан на основе изображений, щедро предоставленных интернет-архивом)

*** НАЧАЛО ПРОЕКТА "ЭЛЕКТРОННАЯ КНИГА ГУТЕНБЕРГА О СВЯЗИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК" ***

Примечание переписчика

В этой книге используются некоторые необычные символы, например, те, что представляют созвездия Овна (♈) и Весов (♎). Эти символы могут отображаться некорректно, если используемый вами шрифт их не поддерживает.

В печатный текст внесены некоторые исправления. Они перечислены во втором примечании переписчика в конце текста.



МЭРИ СОМЕРВИЛЛ
Дж. КУПЕР С.º.

О СВЯЗИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

МЭРИ СОМЕРВИЛЛ,
АВТОР КНИГИ "НЕБЕСНЫЙ МЕХАНИЗМ" И
"ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ".

“Ни одно природное явление не может быть адекватно изучено само по себе, но, чтобы его понять, его следует рассматривать в связи со всей Природой”. — Бэкон.

Издание девятое, полностью переработанное.

ЛОНДОН:

ДЖОН МЮРРЕЙ, АЛБЕМАРЛ-СТРИТ.

1858.

Право на перевод зарезервировано.

ЛОНДОН: ИЗДАТЕЛЬСТВО "У. КЛОУЗ И СЫНОВЬЯ", ДЬЮК-СТРИТ, СТЭМФОРД-СТРИТ,
И ЧАРИНГ-КРОСС.

Эту книгу ИХ ЛЮБЯЩАЯ МАТЬ МЭРИ СОМЕРВИЛЛ посвящает СВОИМ ДОРОГИМ ДЕТАМ.

Флоренция, 1 ноября 1858г.

Содержание.

Введение

Страница 1

РАЗДЕЛ I.

Притяжение сферы—Форма небесных тел—Земная гравитация удерживает Луну на ее орбите—
Небесные тела движутся в конических сечениях—Гравитация Пропорциональна массе—
Гравитация частиц материи—Форма планет—Как это влияет на движения их спутников—
Вращение и поступательное движение под влиянием одного и того же импульса—Движение
Солнца и Солнечной системы

4

РАЗДЕЛ II.

Эллиптическое движение—Среднее и истинное движение—Равноденствие—Эклиптика—
Равноденствия—Средняя и истинная долгота—Уравнение центра—Наклон орбит планет—
Небесная широта—Узлы—Элементы орбиты—Ненарушенные или эллиптические орбиты—
Большой наклон орбит новых планет—Всемирное тяготение Причина возмущений в движениях
небесных тел—Проблема трех Тел—Стабильность Солнечной системы зависит от начального
импульса Тел

8

РАЗДЕЛ III.

Возмущения, периодические и вековые—Возмущающее действие, эквивалентное трем частичным силам—Касательной силе, являющейся причиной периодических неравенств по долготе, и Вековым неравенствам в форме и положении Орбиты в ее собственной плоскости—Радиальной силе, являющейся причиной изменений расстояния Планеты от Солнца — В сочетании с Касательной силой вызывает вековые изменения формы и положения Орбиты в ее собственной плоскости—Перпендикулярной силе, являющейся причиной периодических возмущений по широте и вековых изменений положения орбиты относительно плоскости Эклиптики—Неизменность среднего движения и большой оси—Стабильность системы—Эффекты сопротивляющейся среды—Неизменная плоскость Солнечной системы и Вселенной—Великое неравенство Юпитера и Сатурна

13

РАЗДЕЛ IV.

Теория спутников Юпитера—Влияние фигуры Юпитера на его спутники—Положение их орбит—Особые законы движения первых трех спутников—Затмения спутников—Скорость света—Аберрации—Эфирная среда—Спутники Сатурна и Урана

27

РАЗДЕЛ V.

Лунная теория—Периодические возмущения Луны—Уравнение смещения центра—Вариации—Годовое уравнение—Прямое и косвенное действие планет—Воздействие Луны на Землю нарушает ее собственное движение—Эксцентриситет и наклон Лунной орбиты неизменны—Ускорение—Вековое изменение узлов и перигея—Движение узлов и перигея неразрывно связано с ускорением—Нутация Лунной орбиты—Форма и внутренняя структура Земли, определяемые на основе этого—Лунные, Солнечные и планетарные затмения—Затенения и лунные расстояния—Среднее расстояние Солнца от Земли, полученное из Лунная теория — Абсолютные расстояния Планет, как их найти

34

РАЗДЕЛ VI.

Форма Земли и планет—Фигура однородного вращающегося сфероиды—Фигура сфероиды переменной плотности—Фигура Земли, предполагающая, что это эллипсоид вращения—Измерение градуса Меридиана—Сжатие и размер Земли по градусам Меридиана—Фигура Земли по маятнику

44

РАЗДЕЛ VII.

Параллакс—Лунный Параллакс, обнаруженный при непосредственном наблюдении—Солнечный Параллакс, вычисленный по прохождению Венеры—Расстояние Солнца от Земли—Годовой параллакс—Расстояние от неподвижных Звезд

РАЗДЕЛ VIII.

Массы планет, у которых нет спутников, определяются по их возмущениям—Массы других планет, полученные по движениям их спутников—Массы Солнца, Земли, Юпитера и Солнечной системы—Масса Луны—Реальные диаметры планет, как получены—Размер Солнца, плотности небесных тел—Формирование астрономических таблиц—Необходимые данные и способы их получения

РАЗДЕЛ IX.

Вращение Солнца и планет—Кольца Сатурна—Периоды вращения Луны и других спутников, равные периодам их обращения—Форма лунного сфероида—Либрация, аспект и строение Луны—Вращение спутников Юпитера

РАЗДЕЛ X.

Неизменное вращение Земли —Снижение средней температуры Земли—Земля изначально находилась в состоянии термоядерного синтеза—Продолжительность дня постоянна—Снижение температуры, приписываемое сэром Джоном Гершелем изменению эксцентриситета Земной орбиты—Разница в температуре двух полушарий, ошибочно приписываемая превышению продолжительности весны и лета в Южном полушарии; приписываемая сэром Чарльзом Лайеллом действию существующих причин—Три главные оси вращения—Неизменное положение оси вращения на поверхности Земли—Океана недостаточно для восстановления равновесия земной поверхности. Земля в состоянии невменяемости —Ее плотность и средняя глубина—Внутренняя структура Земли

РАЗДЕЛ XI.

Прецессия и Нутация —их влияние на Видимые места неподвижных Звезд

РАЗДЕЛ XII.

Среднее и кажущееся звездное время—Среднее и кажущееся солнечное время—Уравнение времени—Английское и французское деление времени—Високосный год—Христианская эра—Равноденственное время—Примечательные эпохи в зависимости от положения Солнечного перигея—Неравенство длин сезонов в двух полушариях—Применение астрономии к хронологии—Английские и французские стандарты мер и весов

РАЗДЕЛ XIII.

Приливы—Силы, которые их вызывают—Происхождение и течение приливной волны—Ее скорость—Три вида колебаний в океане—Полусуточные приливы—Равноденственные приливы—Влияние склонения Солнца и Луны—Теория недостаточна без наблюдения—Направление приливной волны—Высота приливов—Масса Луны, полученная в результате ее воздействия на приливы—Интерференция волн—Невозможность универсального затопления—Течения

91

РАЗДЕЛ XIV.

Молекулярные силы—Постоянство элементарных частиц вещества—Промежутки—Теория Моссотти—Теория молекулярных вихрей Рэнкина—Газы превращаются в жидкости под действием давления—Гравитация частиц—Когезия—Кристаллизация—Расщепление—Изоморфизм—Мельчайшие частицы—Высота атмосферы—Химическое сродство—Определенные пропорции и относительные веса атомов—Открытие Фарадея в отношении сродства—Капиллярное притяжение

102

РАЗДЕЛ XV.

Анализ атмосферы—Ее давление—Закон уменьшения плотности—Закон уменьшения температуры—Измерение высот барометром—Протяженность атмосферы—Барометрические вариации—Колебания—Пассаты—Кольцо облаков—Муссоны—Вращение ветров—Законы ураганов

117

РАЗДЕЛ XVI.

Звук—Распространение звука, иллюстрируемое полем стоящей кукурузы—Природа волн—Распространение звука через атмосферу—Интенсивность—Шумы—Музыкальный звук—Качество—Высота звука—Степень слышимости человека—Скорость звука в воздухе, воде и твердых телах—Причины помех звуку—Закон его интенсивности—Отражение звука—Эхо—Раскаты грома—Преломление звука—Интерференция звуков

129

РАЗДЕЛ XVII.

Вибрация музыкальных струн—Гармонические звуки—Узлы—Вибрация воздуха в духовых-Инструменты—Вибрация твердых тел—Вибрирующие пластины—Колокола—Гармония—Деки—Принудительные вибрации—Резонансные говорящие машины

140

РАЗДЕЛ XVIII.

Рефракция—Астрономическая рефракция и ее законы—Составление таблиц рефракции—Земная рефракция—Ее величина—Случаи необычного рефракции—Отражение—Случаи

необычного отражения—Потеря света из—за поглощающей способности атмосферы-Видимая величина Солнца и Луны на горизонте

153

РАЗДЕЛ XIX.

Строение света по сэру Исааку Ньютону—Поглощение света-Цвета тел—Строение света по сэру Дэвиду Брюстеру—Новые цвета—Темные линии Фраунгофера—Дисперсия света—Ахроматический телескоп—Однородный свет-Случайные и дополнительные цвета—М. Эксперименты Плато и теория случайных цветов

159

РАЗДЕЛ XX.

Интерференция света—Волновая теория света—Распространение света—Кольца Ньютона—Измерение длины световых волн и частоты колебаний эфира для каждого цвета—Цветовая шкала Ньютона—Дифракция света—Теория поглощения света сэра Джона Гершеля—Преломление и отражение света

167

РАЗДЕЛ XXI.

Поляризация света—Определяется поляризацией по преломлению—Свойства турмалина—Двойное преломление-Весь дважды преломляемый свет поляризован—Свойства Исландского шпата—Турмалин поглощает один из двух преломленных лучей—Колебания естественного света—Колебания поляризованного света-Оптические оси кристаллов-М. Открытия Френеля о лучах, проходящих вдоль оптической оси—Поляризация путем отражения

179

РАЗДЕЛ XXII.

Явления, проявляющиеся при прохождении поляризованного света через слюду и сульфат извести—Цветные изображения, создаваемые поляризованным светом, проходящим через кристаллы, имеющие одну и две оптические оси—Круговая поляризация-Эллиптическая поляризация—Открытия ММ. Био, Френель и профессор Эйри —Цветные изображения, полученные в результате интерференции поляризованных лучей —флуоресценция

186

РАЗДЕЛ XXIII.

Возражения против волновой теории, связанные с различием в действии звука и света при одних и тех же обстоятельствах, устранены — Рассеяние света в соответствии с Волновой теорией — окончательное доказательство Араго того, что Волновая теория является Законом Природы

199

РАЗДЕЛ XXIV.

Химические или фотографические лучи солнечного спектра—Открытия Шееле, Риттера и Волластона—Фотографические снимки Веджвуда и сэра Хамфри Дэви—Калотипия—Дагерротипия—Хроматипия—Цианотипия—Коллодий—Открытия сэра Джона Гершеля в химическом спектре—М. Открытия Беккерелем неактивных линий в аналогично—термическом спектре—Фосфорный спектр—Электрические свойства—Паратермические лучи—Эксперименты Мозера и Ханта—Общая структура и антагонистические свойства солнечного спектра—Дефрагментированный спектр

203

РАЗДЕЛ XXV.

Размер и строение Солнца—Солнечные пятна—Интенсивность солнечного света и тепла—Атмосфера Солнца—Его влияние на Планеты—Атмосферы планет—У Луны их нет—Лунное тепло—Дифференциальный телескоп—Температура космоса—Внутреннее тепло Земли—Зона постоянной температуры—Увеличение тепла с глубиной—Центральное тепло—Вулканическая деятельность—Количество тепла, получаемого от Солнца—Изогеотермические линии—Линия постоянного замерзания—Климат—Изотермические линии—Такое же количество тепла, ежегодно получаемое и излучаемое Землей

224

РАЗДЕЛ XXVI.

Влияние температуры на растительность—Растительность меняется в зависимости от широты и высоты над уровнем моря—Географическое распределение наземных растений—Распространение морских растений—Кораллы, моллюски, рептилии, насекомые, Птицы и четвероногие—Разновидности человечества, но идентичность видов

248

РАЗДЕЛ XXVII.

Земное тепло—Излучение—Передача—Эксперименты Меллони—Тепло в солнечном спектре—Поляризация тепла—Природа поглощения тепла—Роса—Дождь—Горение—Расширение—Компенсационный маятник—Передача через кристаллы—Распространение—Динамическая теория тепла—Механический эквивалент тепла—Скрытое тепло является силой расширения—Пар—Работа, выполняемая теплом—Сохранение силы—Механическая мощность в приливах—Динамическая мощность света—Аналогия между светом, теплом и звуком

257

РАЗДЕЛ XXVIII.

Обычное или статическое электричество, или Электричество напряжения—Двойная сила—Методы ее возбуждения—Притяжение и отталкивание—Проводимость—Электричество и неэлектричество—Индукция—Диэлектрики—Напряжение—Закон электрической силы—Распределение—Законы распределения—Теплота электричества—Электрический свет и его

спектр—Скорость—Атмосферное электричество—Его причина—Электрические облака—Сильные эффекты молнии—Обратный удар—Электрическое свечение—Фосфоресценция

282

РАЗДЕЛ XXIX.

Вольтовое электричество—Вольтовая батарея—Интенсивность—Количество—Статическое электричество и электричество в движении—Световые эффекты—Мистер Гроув об электрической дуге и свете—Разложение воды—Образование кристаллов под действием электрического тока—Фотогальваническая гравировка—Электропроводность—Тепло от электрического тока—Электрическая рыба

297

РАЗДЕЛ XXX.

Открытие электромагнетизма—Отклонение магнитной стрелки электрическим током—Направление силы—Вращательное движение с помощью электричества—Вращение проволоки и магнита—Вращение магнита вокруг своей оси—Ртути и воды—Электромагнитный цилиндр или спираль—Подвешивание стрелки по спирали—Электромагнитная индукция—Временные магниты—Гальванометр

312

РАЗДЕЛ XXXI.

Электродинамика—Взаимное действие электрических токов—Идентичность электродинамических цилиндров и магнитов—Различия между действием электрического тока и напряжением—Эффекты электрического тока—Теория Ампера—Dr. Эксперимент Фарадея по электризации и намагничиванию луча света

316

РАЗДЕЛ XXXII.

Магнитоэлектричество—Вольта—Электрическая индукция—Магнитоэлектрическая индукция—Идентичность в действии электричества и магнетизма—Описание магнитоэлектрического аппарата и его эффектов—Идентичность магнетизма и электричества—Подводный телеграф

322

РАЗДЕЛ XXXIII.

Электричество, вырабатываемое вращением—Направление токов—Электричество от вращения магнита—М. Эксперимент Араго объяснил—Вращение железной пластины между полюсами магнита—Отношение веществ к магнитам трех видов—Термоэлектричество

330

РАЗДЕЛ XXXIV.

Магнетизм с двойной силой—Антитетический характер парамагнетизма и диамагнетизма—
Парамагнетизм Земли—Свойства парамагнитных тел—Полярность—Индукция—Силовые линии
магнитного поля—Электрические токи, индуцируемые ими—Оказались замкнутыми кривыми—
Аналогия и идентичность электричества и магнетизма—Земной магнетизм—Средние значения
трех магнитных элементов—Их вариации в двойной прогрессии, как оказалось, состоят из двух
наложенных вариаций—Открытие периодичности магнитных бурь—Десятилетний период
магнитных элементов совпадает с периодом солнечных пятен—Магнетизм атмосферы —
Диамагнетизм—Действие электромагнетизма на парамагнитные, диамагнитные тела и на Медь,
очень разные—Доказательство диамагнитной полярности и индукции—
Магнитокристаллическое действие—Эффекты сжатия, нагрева и расщепления на магнитные
тела—Взаимная зависимость света, тепла, электричества и т.д. и т.п. —Сохранение Силы и
постоянство материи, Первичные законы природы—Определение силы тяжести не в
соответствии с этим Законом—Гравитация только Остаточная Сила Универсальной Силы—
Магнетизм Эфирной Среды

335

РАЗДЕЛ XXXV.

Эфирная среда—Кометы— Не беспокоят Солнечную систему—Их орбиты и возмущения—М.
Комета Фэй, вероятно, совпадает с кометой Лекселя—Периоды трех других известных—
Ускорение средних движений комет Энке и Биэлы—Удар кометы—Возмущающее воздействие
Земли и планет на кометы Энке и Биэлы—Скорость комет—Комета 1264 года—Великая комета
1343 года—Физическое строение—Сияние заимствованным светом—Оценка их количества

358

РАЗДЕЛ XXXVI.

Неподвижные звезды—Их количество—Млечный Путь—Двойные Звезды—Двойные системы—
Их орбиты и периоды обращения—Цвета звезд—Звезды, которые исчезли—Переменные
звезды—Изменение солнечного света—Параллакс и расстояния неподвижных звезд—Массы
Звезд—Сравнительный свет звезд—Собственные движения Звезд—Видимые движения
Звезд—Движение и скорость Солнца и Солнечной системы—Туманности—Их количество—Их
каталог—Состоит из двух классов—Рассеянные туманности—Определенно сформированные
туманности—Шаровые скопления—Блеск Млечного Способ—Распределение туманностей—
Магеллановы облака—Туманности вокруг η Аргуса—Строение туманностей и силы, которые их
поддерживают—Метеориты и падающие звезды

384

РАЗДЕЛ XXXVII.

Распространение вещества в пространстве—Гравитация—Ее скорость—Простота ее законов—
Гравитация, независимая от величины и расстояний Тел—Не подвержена вмешательству
какого—либо Вещества—Ее интенсивность неизменна—Общие законы—Перепросмотр и
заключение

424

Примечания

429

Указатель

479

СВЯЗЬ

ИЗ

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ.

Введение.

Наука, рассматриваемая как поиск истины, всегда должна быть занятием, представляющим исключительный интерес, и предметом возвышенных размышлений. Созерцание произведений творения возвышает ум до восхищения всем великим и благородным; достижение цели всякого изучения, которая, выражаясь красноречивым языком сэра Джеймса Макинтоша, “состоит в том, чтобы внушать любовь к истине, мудрости, красоте - особенно к добру, высшей красоте - и к тому высшему и вечному Разуму, который содержит в себе всю истину и мудрость, всю красоту и доброту. Любовью или восхитительным созерцанием и стремлением к этим трансцендентным целям, только ради них самих, разум человека возвышается над низменными и преходящими объектами и подготавливается к тем высоким судьбам, которые уготованы всем, кто на них способен”.

Астрономия представляет собой наиболее обширный пример связи физических наук. В ней объединены науки о числе и количественных величинах, о покое и движении. В нем мы ощущаем действие силы, которая смешана со всем, что существует на небесах или на земле; которая пронизывает каждый атом, управляет движениями живых и неодушевленных существ и столь же ощутима в падении дождевой капли, как в Ниагарском водопаде; в тяжести воздуха, как в периодах Луны. Гравитация не только привязывает спутники к их планете, а планеты к солнцу, но она соединяет солнце с солнцем на всем обширном пространстве мироздания и является причиной возмущений, а также порядка в природе; поскольку каждое сотрясение, которое она вызывает на какой-либо одной планете, немедленно передается к самым дальним пределам системы в колебаниях, которые по своим периодам соответствуют причине, их вызвавшей, подобно сочувственным нотам в музыке или вибрации глубоких тонов органа.

Небеса представляют собой самый возвышенный предмет изучения, который только может быть получен наукой. Величина и великолепие объектов, непостижимая скорость, с которой они движутся, и огромные расстояния между ними создают в уме некоторое представление об энергии, которая поддерживает их в движении, о долговечности, которой мы не видим предела. Столь же очевидна доброта великой Первопричины, наделившей человека способностями, с помощью которых он может не только оценить великолепие Своих творений, но и с точностью проследить действие Своих законов, использовать земной шар, на котором он обитает, как

основу для измерения величины и расстояния до солнца и планет и сделать диаметр (Примечание 1) земной орбиты первой ступенью шкалы, по которой он может подняться на звездный небосвод. Такие занятия, хотя и облагораживают разум, в то же время прививают смирение, показывая, что существует барьер, который никакая энергия, ментальная или физическая, никогда не позволит нам преодолеть: что, как бы глубоко мы ни проникали в глубины космоса, все еще остаются бесчисленные системы, по сравнению с которыми те, которые кажутся такими огромными, должны стать незначительными или даже стать невидимыми; и что не только человек, но и земной шар, который он населяет, — более того, вся система, столь малую часть которой он составляет, — может быть уничтожен, а его исчезновение остается незамеченным в необъятности творения.

Полное знакомство с физической астрономией может быть достигнуто только теми, кто хорошо разбирается в высших разделах математики и механики (П. 2), и только они могут оценить чрезвычайную красоту результатов и средств, с помощью которых эти результаты получены. Тем не менее верно, что достаточный навык анализа (П. 3), позволяющий следовать общему плану — видеть взаимную зависимость различных частей системы и понимать, какими средствами были получены самые необычные выводы, — доступен многим, кто уклоняется от этой задачи, ужаснувшись трудностям, не более грозным, чем те, которые возникают при изучении элементов каждой отрасли знания. Существует большое различие между степенью математических знаний, необходимой для совершения открытий, и той, которая необходима для понимания того, что сделали другие.

Наше знание внешних объектов основано на опыте, который дает факты; сравнение этих фактов устанавливает отношения, из которых вера в то, что сходные причины будут производить сходные следствия, приводит к общим законам. Таким образом, опыт учит, что тела падают на поверхность земли с ускоренной скоростью и с силой, пропорциональной их массам. Путем сравнения Ньютон доказал, что сила, вызывающая падение тел на поверхность Земли, идентична силе, удерживающей Луну на ее орбите; и он пришел к выводу, что, как луна удерживается на своей орбите за счет притяжения земли, так и планеты могут удерживаться на своих орбитах за счет притяжения солнца. Такие шаги привели его к открытию одной из тех сил, с помощью которых Творец predetermined, что материя должна взаимно воздействовать на материю.

Физическая астрономия — это наука, которая сравнивает и отождествляет законы движения, наблюдаемые на земле, с движениями, происходящими на небесах; и которая отслеживает посредством непрерывной цепи выводов из великого принципа, управляющего Вселенной, вращения планет и колебания (П. 4) жидкостей на их поверхностях; и которая оценивает изменения, которые система претерпела до сих пор или может испытать в будущем, — изменения, для завершения которых требуются миллионы лет.

Накопленные усилия астрономов с самого начала зарождения цивилизации были необходимы для создания механической теории астрономии. За курсами планет наблюдали веками с поразительной настойчивостью, если учесть несовершенство и даже отсутствие инструментов. Реальные движения земли были отделены от видимых движений планет; были открыты законы вращения планет; и открытие этих законов привело к знанию гравитации (П. 5) материи. С другой стороны, исходя из принципа тяготения, каждое движение в солнечной системе было

объяснено настолько полно, что законы любых астрономических явлений, которые могут произойти в будущем, уже определены.

РАЗДЕЛ I.

Притяжение сферы—Форма небесных тел—Земное притяжение удерживает Луну на ее орбите—Небесные тела движутся в конических сечениях—Гравитация Пропорциональна массе—Гравитация частиц материи—Фигура планет—Как это влияет на движения их спутников—Вращение и Поступательное движение под влиянием одного и того же импульса—Движение Солнца и Солнечной системы.

Ньютоном было доказано, что частица вещества (N. 6), помещенная вне поверхности поллой сферы (N. 7), притягивается ею таким же образом, как если бы масса поллой сферы или вся материя, которую она содержит, были собраны в одну плотную частицу в ее центре. Следовательно, то же самое верно и для твердой сферы, которая, как можно предположить, состоит из бесконечного числа концентрических полых сфер (П. 8). Это, однако, не относится к сфероиду (N. 9); но небесные тела настолько близки к сферической форме и находятся на таких больших расстояниях друг от друга, что они притягиваются, как если бы каждое из них было сконденсировано в единую частицу, расположенную в его центре тяжести (N. 10) — обстоятельство, которое значительно облегчает исследование их движения.

Ньютон показал, что сила, удерживающая Луну на ее орбите, аналогична той, которая заставляет тяжелые вещества падать на поверхность земли. Если бы земля была сферой и находилась в состоянии покоя, тела притягивались бы одинаково, то есть имели бы одинаковый вес в каждой точке своей поверхности, потому что поверхность сферы везде одинаково удалена от ее центра. Но поскольку наша планета сплюснута у полюсов (N. 11) и выпуклая у экватора, вес одного и того же тела постепенно уменьшается от полюсов, где он наибольший, к экватору, где он наименьший. Существует, однако, определенное среднее значение (N. 12) широта (13н.э.), или часть земли, промежуточная между полюсом и экватором, где притяжение земли к телам на ее поверхности такое же, как если бы она была сферой; и опыт показывает, что тела там падают с высоты 16·0697 футов в секунду. Среднее расстояние (N. 14) Луны от земли примерно в шестьдесят раз больше среднего радиуса (N. 15) земли. Когда число 16·0697 уменьшается в соотношении (N. 16) от 1 до 3600, что равно квадрату расстояния до Луны (N. 17) от центра Земли, оцененное в земных радиусах, оказывается в точности таким пространством, через которое Луна провалилась бы в первую секунду своего падения на землю, если бы ей не помешала центробежная сила (N. 18), возникающая из-за скорости, с которой она движется по своей орбите. Таким образом, Луна удерживается на своей орбите силой, имеющей то же происхождение и регулируемой тем же законом, что и сила, заставляющая камень падать на поверхность земли. Следовательно, Землю можно рассматривать как центр силы, которая распространяется на Луну; и, поскольку опыт показывает, что действие и противодействие материи равны и противоположны (П. 19), Луна должна притягивать землю с равной и противоположной силой.

Ньютон также установил, что проецируемое тело (N. 20) в пространстве (N. 21) будет двигаться в коническом сечении (N. 22), если его притягивает сила, исходящая из неподвижной точки, с интенсивностью, обратно пропорциональной квадрату расстояния (N. 23); но любое отклонение от этого закона заставит его двигаться по кривой другого характера. Путем непосредственного наблюдения Кеплер обнаружил, что планеты описывают эллипсы (N. 24), или овальные траектории, вокруг солнца. Более поздние наблюдения показали, что кометы также движутся в конических сечениях. Из этого следует, что солнце притягивает все планеты и кометы обратно пропорционально квадрату их расстояний от своего центра; следовательно, солнце является центром силы, бесконечно простирающейся в пространстве и включающей в свое действие все тела системы.

Кеплер также вывел из наблюдения, что квадраты периодических времен (N. 25) планет или времена их обращения вокруг Солнца пропорциональны кубам их средних расстояний от его центра (N. 26). Следовательно, интенсивность притяжения всех тел к солнцу одинакова на равных расстояниях. Следовательно, гравитация пропорциональна массам (П. 27); ибо, если бы планеты и кометы находились на равных расстояниях от солнца и были предоставлены действию силы тяжести, они достигли бы его поверхности в одно и то же время (П. 28). Спутники также притягиваются к своим основным звездам (N. 29) по тому же закону, по которому их основные звезды притягиваются к солнцу. Таким образом, по закону действия и противодействия каждое тело само является центром силы притяжения, простирающейся бесконечно в пространстве, вызывая все взаимные возмущения, которые делают небесные движения такими сложными и их исследование таким трудным.

Гравитация материи, направленная к центру и притягивающаяся непосредственно как масса и обратно пропорционально квадрату расстояния, не относится к нему, когда рассматривается только с точки зрения массы; частица действует на частицу по тому же закону, когда они находятся на ощутимых расстояниях друг от друга. Если бы солнце воздействовало на центр земли, не притягивая каждую из ее частиц, приливы были бы намного больше, чем сейчас, а также в других отношениях были бы совсем другими. Притяжение земли к Солнцу является результатом притяжения всех ее частиц, которые, в свою очередь, притягивают солнце в соотношении их соответствующих масс. Аналогично существует взаимодействие между землей и каждой частицей на ее поверхности. Земля и перо взаимно притягивают друг друга в пропорции массы земли к массе пера. Если бы это было не так, и если бы какая-либо часть земли, какой бы маленькой она ни была, притягивала другую часть и не притягивалась сама, центр тяжести земли был бы перемещен в пространстве в результате этого действия, что невозможно.

Формы планет возникают в результате взаимного притяжения составляющих их частиц. Отделенная жидкая масса, находясь в состоянии покоя, приняла бы форму сферы из-за взаимного притяжения ее частиц. Но если масса вращается вокруг оси, она становится сплюсненной на полюсах и выпуклой на экваторе (П. 11) вследствие центробежной силы, возникающей из-за скорости вращения (П. 30); поскольку центробежная сила уменьшает силу тяжести частиц на экваторе, и равновесие может существовать только там, где эти две силы уравниваются увеличением силы тяжести. Следовательно, поскольку сила притяжения одинакова для всех частиц, находящихся на равных расстояниях от центра сферы, экваториальные частицы будут удаляться от центра до тех пор, пока их увеличение числа не уравновесит центробежную силу своим притяжением. Следовательно, сфера превратилась бы в

сплюснутый сфероид, и жидкость, частично или полностью покрывающая твердое тело, подобно тому как океан и атмосфера покрывают землю, должна принять эту форму, чтобы оставаться в равновесии. Таким образом, поверхность моря имеет сфероидальную форму, и поверхность земли отклоняется от этой фигуры только там, где она поднимается выше или опускается ниже уровня моря. Но отклонение настолько мало, что оно не имеет значения по сравнению с размерами земли; ибо могучая цепь Анд и еще более высокие Гималаи имеют примерно такое же отношение к земле, какое песчинка имеет к глобусу трех футов в диаметре. Такова форма земли и планет. Сжатие (N. 31) или сплющивание на их полюсах, однако, настолько мало, что даже Юпитер, вращение которого является наиболее быстрым и, следовательно, наиболее эллиптической из планет, с большого расстояния может рассматриваться как сферический. Хотя планеты притягиваются друг к другу, как если бы они были сферами, из-за их расстояний, все же спутники (N. 32) находятся достаточно близко, чтобы на их движение ощутимо влияли формы их основных звезд. Луна, например, находится так близко к Земле, что взаимное притяжение между каждой из ее частиц и каждой из частиц в выступающей массе на земном экваторе вызывает значительные нарушения в движениях обоих тел; ибо воздействие Луны на вещество на земном экваторе вызывает нутацию (N. 33) на оси вращения (N. 34), а реакция этого вещества на Луну является причиной соответствующей нутации на лунной орбите (N. 35).

Если сфера, находящаяся в состоянии покоя в пространстве, получает импульс, проходящий через ее центр тяжести, все ее части будут двигаться с одинаковой скоростью по прямой; но, если импульс не проходит через центр тяжести, ее частицы, имеющие неодинаковые скорости, будут совершать вращательное движение одновременно с перемещением (N. 36) в пространстве. Эти движения независимы друг от друга, так что встречный импульс, проходящий через его центр тяжести, будет препятствовать его продвижению, не мешая его вращению. Солнце вращается вокруг оси, и современные наблюдения показывают, что его центру тяжести не был дан импульс в противоположном направлении, поскольку оно движется в пространстве в сопровождении всех тех тел, которые составляют солнечную систему, — обстоятельство, которое никоим образом не влияет на их относительные движения; ибо, в соответствии с принципом, согласно которому сила пропорциональна скорости (N. 37), взаимное притяжение системы остается неизменным, находится ли ее центр тяжести в покое или равномерно перемещается в пространстве. Подсчитано, что, если бы земля пришла в движение от единственного импульса, этот импульс должен был пройти через точку примерно в двадцати пяти милях от ее центра.

Поскольку движения вращения и перемещения планет независимы друг от друга, хотя, вероятно, передаются одним и тем же импульсом, они образуют отдельные объекты исследования.

РАЗДЕЛ II.

Эллиптическое движение—Среднее и истинное движение—Равноденствие—Эклиптика—Равноденствия—Средняя и истинная долгота—Уравнение центра—Наклон орбит планет—Небесная широта—Узлы—Элементы орбиты—Ненарушенные или эллиптические орбиты—Большой наклон орбит новых планет—Всемирное тяготение Причина возмущений в движениях небесных тел—Проблема трех Тел—Стабильность Солнечной системы зависит от первоначального импульса Тел.

Планета движется по своей эллиптической орбите со скоростью, изменяющейся каждое мгновение, вследствие действия двух сил, одна из которых стремится к центру Солнца, а другая - по касательной (N. 38) к ее орбите, возникающей в результате первоначального импульса, данного в момент запуска в космос. Если бы сила, действующая по касательной, прекратилась, планета упала бы на солнце под действием своей силы тяжести. Если бы солнце не притягивало ее, планета отлетела бы по касательной. Таким образом, когда планета находится в точке своей орбиты, наиболее удаленной от солнца, его действие преодолевает скорость планеты и приближает ее к нему с таким ускоренным движением, что, наконец, она преодолевает притяжение солнца и, пролетая мимо него, постепенно уменьшает скорость, пока не достигнет самой удаленной точки, где притяжение солнца снова преобладает (N. 39). В этом движении *радиусы-векторы* (N. 40), или воображаемые линии, соединяющие центры солнца и планет, проходят по равным площадям или пространствам за равное время (N. 41).

Среднее расстояние планеты от Солнца равно половине большой оси (N. 42) своей орбиты: следовательно, если бы планета описала круг (N. 43) вокруг солнца на своем среднем расстоянии, движение было бы равномерным, а периодическое время неизменным, потому что планета достигла бы концов большой оси в одно и то же мгновение и имела бы одинаковую скорость, независимо от того, двигалась ли она по круговой или эллиптической орбите, поскольку кривые в этих точках совпадают. Но в любой другой части эллиптического, или истинного движения (N. 44), было бы либо быстрее, либо медленнее, чем круговое, или среднее движение (N. 45). Поскольку необходимо иметь какую-то фиксированную точку на небе, откуда можно оценить эти движения, была выбрана точка весеннего равноденствия (Н.э. 46) в данную эпоху. Равноденствие, представляющее собой большой круг, очерченный на звездном небе воображаемым продолжением плоскости земного экватора, пересекается эклипкой, или видимым путем солнца, в двух диаметрально противоположных друг другу точках, называемых точками весеннего и осеннего равноденствий. Весеннее равноденствие - это точка, через которую проходит солнце, переходя из южного полушария в северное; а осеннее, та, в которой оно переходит из северного в южное. Среднее или круговое движение тела, рассчитанное от точки весеннего равноденствия, является его средней долготой; а его эллиптическое, или истинное движение, отсчитываемое от этой точки, является его истинной долготой (N. 47): и то, и другое оценивается с запада на восток, в направлении, в котором движутся тела. Разница между ними называется уравнением центра (N. 48); который, следовательно, обращается в нуль на апсидах (N. 49), или концах большой оси, и находится на максимальных девяноста градусах (N. 50) удален от этих точек или в квадратурах (N. 51), где он измеряет эксцентриситет (N. 52) орбиты; так что положение планеты на ее эллиптической орбите получается путем добавления или вычитания уравнения центра к ее средней долготы или из нее.

Орбиты главных планет имеют очень небольшой наклон (N. 53) к плоскости эклиптики, по которой движется земля; и по этой причине астрономы относят свои движения к этой плоскости в данную эпоху как к известному и фиксированному положению. Угловое расстояние планеты от плоскости эклиптики - это ее широта (N. 54), которая равна югу или северу в зависимости от того, находится планета к югу или северу от этой плоскости. Когда планета находится в плоскости эклиптики, ее широта равна нулю; тогда говорят, что она находится в своих узлах (N. 55). Восходящий узел - это та точка эклиптики, через которую проходит планета при переходе из южного полушария в северное. Нисходящий узел - это соответствующая точка в плоскости эклиптики, диаметрально противоположная другой, через которую планета нисходит при переходе из северного полушария в южное. Долгота и широта планеты не могут быть получены путем прямого наблюдения, но выводятся из наблюдений, сделанных на поверхности земли, путем очень простых вычислений. Однако эти две величины не определяют место планеты в космосе. Его расстояние от солнца (N. 56) также должно быть известно; и для полного определения его эллиптического движения характер и положение его орбиты должны быть установлены путем наблюдения. Это зависит от семи величин, называемых элементами орбиты (N. 57). Это длина большой оси и эксцентриситет, которые определяют форму орбиты; долгота планеты на наименьшем расстоянии от солнца, называемая долготой перигелия; наклон орбиты к плоскости эклиптики и долгота ее восходящего узла: они определяют положение орбиты в пространстве; но периодическое время и долгота планеты в данный момент, называемая долготой эпохи, необходимы для определения места тела на его орбите в любое время. Совершенное знание этих семи элементов необходимо для выяснения всех обстоятельств невозмущенного эллиптического движения. Таким образом, было обнаружено, что траектории планет, когда их взаимные возмущения опущены, представляют собой эллипсы, почти приближающиеся к окружностям, плоскости которых, слегка наклоненные к эклиптике, пересекают ее прямыми линиями, проходящими через центр солнца (N. 58). Орбиты недавно открытых планет больше отклоняются от эклиптики, чем орбиты древних планет: орбита Паллады, например, имеет наклон $34^{\circ} 42' 29.8''$ к ней; по этой причине определить их движение труднее.

Если бы планеты притягивало только солнце, они всегда двигались бы по эллипсам, неизменным по форме и положению; и поскольку его действие пропорционально его массе, которая намного больше массы всех планет, вместе взятых, эллиптическое направление является ближайшим приближением к их истинному движению. Истинное движение планет чрезвычайно сложно вследствие их взаимного притяжения, так что они движутся не по какой-либо известной или симметричной кривой, а по траекториям, то приближающимся к эллиптической форме, то удаляющимся от нее; и их радиусы-векторы не описывают области или пространства, точно пропорциональные времени, так что области становятся испытанием возмущающих сил.

Определить движение каждого тела, когда ему мешают все остальные, находится за пределами возможностей анализа. Следовательно, необходимо оценить возмущающее действие одной планеты за раз, откуда вытекает знаменитая проблема трех тел, первоначально применявшаяся к Луне, земле и солнцу, а именно, учитывая массы трех тел, спроецированных из трех заданных точек, со скоростями, заданными как по количеству, так и по направлению; и предположив, что тела притягиваются друг к другу с силами, которые прямо пропорциональны их массам и обратно пропорциональны квадратам расстояний, чтобы найти линии, описываемые этими телами, и их положения в любой данный момент; или, другими словами, определить траекторию

движения солнца. небесное тело, притягиваемое вторым телом и возмущаемое в своем движении вокруг второго тела третьим — проблема, в равной степени применимая к планетам, спутникам и кометам.

С помощью этой задачи определяются поступательные движения небесных тел. Это чрезвычайно трудная задача, и она была бы бесконечно более сложной, если бы возмущающее воздействие не было очень малым по сравнению с центральной силой; то есть, если бы воздействие планет друг на друга не было очень малым по сравнению с воздействием солнца. Поскольку возмущающее влияние каждого тела может быть обнаружено отдельно, предполагается, что действие всей системы при возмущении какой-либо одной планеты равно сумме всех частных возмущений, которые она испытывает, исходя из общего механического принципа, согласно которому сумма любого числа малых колебаний почти равна их одновременному и совместному эффекту.

Из-за взаимного действия материи стабильность системы зависит от интенсивности первоначального импульса (N. 59) планет и отношения их масс к массе солнца; ибо природа конических сечений, по которым движутся небесные тела, зависит от скорости, с которой они впервые были перемещены в пространстве. Если бы эта скорость была такой, чтобы планеты двигались по орбитам неустойчивого равновесия (N. 60), их взаимное притяжение могло бы превратить их в параболы или даже гиперболы (N. 22); так что земля и планеты могли бы много веков назад уноситься далеко от нашего солнца в бездну космоса. Но поскольку орбиты очень мало отличаются от окружностей, импульс планет при проецировании должен был быть в точности достаточным для обеспечения постоянства и стабильности системы. Кроме того, масса солнца значительно больше массы любой планеты; и поскольку их неравномерности имеют такое же отношение к их эллиптическим движениям, как их массы к массе Солнца, их взаимные возмущения увеличивают или уменьшают эксцентриситеты их орбит лишь на очень малые величины; следовательно, величина массы Солнца является основной причиной стабильности системы. В физическом мире нет более великолепного примера приспособления средств к достижению цели, чем демонстрируемое в прекрасном согласовании этих сил, которое одновременно является причиной разнообразия и упорядоченности Природы.

РАЗДЕЛ III.

Возмущения, периодические и вековые—Возмущающее действие, эквивалентное трем частичным силам—Касательной силе, являющейся причиной периодических неравенств по долготе, и Вековым неравенствам в форме и положении Орбиты в ее собственной плоскости—Радиальной силе, являющейся причиной изменений расстояния Планеты от Солнца — В сочетании с Касательной силой вызывает вековые изменения формы и положения Орбиты в ее собственной плоскости—Перпендикулярной силе, являющейся причиной периодических возмущений по широте и вековых изменений положения орбиты относительно плоскости Эклиптики—Неизменность среднего движения и большой оси—Стабильность системы—

Эффекты сопротивляющейся среды—Неизменная плоскость Солнечной системы и Вселенной—Великое Неравенство Юпитера и Сатурна.

Планеты подвержены возмущениям двух видов, оба являются результатом постоянного действия их взаимного притяжения: один вид, в зависимости от их положения друг относительно друга, начинается с нуля, увеличивается до максимума, уменьшается и снова становится нулевым, когда планеты возвращаются в те же относительные положения. Вследствие этого возмущенная планета иногда удаляется от солнца, иногда приближается к нему: иногда она ускоряется в своем движении, а иногда замедляется. В один момент времени он рисуется над плоскостью своей орбиты, в другой - под ней, в соответствии с положением возмущающего тела. Все такие изменения, совершающиеся за короткие периоды, некоторые за несколько месяцев, другие за годы или за сотни лет, называются периодическими неравенствами. Неравенства другого рода, хотя и вызваны аналогичным образом возмущающей энергией планет, полностью независимы от их взаимного расположения. Они зависят только от взаимного положения орбит, формы и места которых в пространстве изменяются на очень малые величины за огромные промежутки времени и поэтому называются вековыми неравенствами.

Периодические возмущения компенсируются, когда тела возвращаются в те же относительные положения друг относительно друга и к солнцу: вековые неравенства компенсируются, когда орбиты возвращаются в те же положения относительно друг друга и плоскости эклиптики.

Движение планеты, включающее оба этих вида возмущений, может быть представлено телом, вращающимся по эллипсу и совершающим небольшие и кратковременные отклонения то в одну сторону от своего пути, то в другую, в то время как сам эллипс медленно, но постоянно меняет как форму, так и положение.

Периодические неравенства - это просто временные отклонения планеты от ее пути, самое замечательное из которых длится всего около 918 лет; но вследствие вековых возмущений апсиды, или конечности главных осей всех орбит, имеют прямое, но переменное движение в пространстве, за исключением орбит Венеры, которые ретроградны (N. 61), а линии узлов движутся с переменной скоростью в противоположном направлении. Помимо этого, наклон и эксцентриситет каждой орбиты находятся в состоянии постоянного, но медленного изменения. Эти эффекты являются результатом возмущающего действия всех планет на каждой из них. Но, поскольку необходимо оценить возмущающее влияние только одного тела за раз, ниже следующее может дать некоторое представление о том, каким образом одна планета нарушает эллиптическое движение другой.

Предположим, что две планеты движутся по эллипсам вокруг солнца; если бы одна из них притягивала другую и солнце с равной интенсивностью и в параллельных направлениях (N. 62), это никак не повлияло бы на нарушение эллиптического движения. Неравенство этого притяжения является единственной причиной возмущения, и разница между действием возмущающей планеты на солнце и на возмущенную планету составляет возмущающую силу, которая, следовательно, меняется по интенсивности и направлению при каждом изменении взаимного положения трех тел. Хотя и солнце, и планета находятся под влиянием возмущающей силы, движение возмущенной планеты для удобства отнесено к центру солнца как к неподвижной точке. Вся сила (N. 63), которая возмущает планету, эквивалентна трем частичным силам. Одна из этих сил действует на возмущенную планету по касательной к ее орбите и

называется касательной силой: она вызывает вековые изменения формы и положения орбиты в ее собственной плоскости и является единственной причиной периодических возмущений долготы планеты. Другая сила действует на то же самое тело в направлении его радиус-вектора, то есть по линии, соединяющей центры солнца и планеты, и называется радиальной силой: она вызывает периодические изменения расстояния планеты от солнца и влияет на форму и положение орбиты в ее собственной плоскости. Третья сила, которую можно назвать перпендикулярной, действует под прямым углом к плоскости орбиты, вызывает периодические изменения широты планеты и влияет на положение орбиты относительно плоскости эклиптики.

Было замечено, что радиус-вектор планеты, движущейся по идеально эллиптической орбите, проходит через равные пространства или площади за одинаковое время; обстоятельство, которое не зависит от закона действия силы и было бы тем же самым, изменяется ли оно обратно пропорционально квадрату расстояния или нет, при условии только, что оно направлено к центру Солнца. Следовательно, касательная сила, не направленная к центру, приводит к неравномерному описанию областей, или, что то же самое, она нарушает движение планеты по долготе. Касательная сила иногда ускоряет движение планеты, иногда замедляет его, а иногда вообще не оказывает никакого эффекта. Если бы орбиты обеих планет были круглыми, при каждом обороте двух планет происходила бы полная компенсация, потому что дуги, по которым происходят ускорения и замедления, были бы симметричны по обе стороны от возмущающей силы. Ибо ясно, что если движение ускорить на определенном промежутке времени, а затем замедлить на столько же, то движение в конце времени будет таким же, как если бы никаких изменений не произошло. Но поскольку орбиты планет представляют собой эллипсы, эта симметрия нарушается: поскольку планета движется по своей орбите неравномерно, в некоторых положениях она находится более прямолинейно и в течение более длительного времени под влиянием возмущающей силы, чем в других. И хотя множество вариаций компенсируют друг друга за короткие периоды, существуют и другие, зависящие от особых соотношений между периодическими периодами планет, которые компенсируют друг друга только после одного или даже после многих оборотов обоих тел. Периодическое неравенство такого рода в движениях Юпитера и Сатурна имеет период не менее 918 лет.

Радиальная сила, или та часть возмущающей силы, которая действует в направлении линии, соединяющей центры Солнца и возмущенной планеты, не оказывает влияния на области, но является причиной периодических изменений небольшой величины расстояния планеты от солнца. Уже было показано, что сила, производящая идеально эллиптическое движение, изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния, и что сила, следующая любому другому закону, заставила бы тело двигаться по кривой совершенно иного рода. Итак, радиальная возмущающая сила изменяется прямо пропорционально расстоянию; и, поскольку она иногда сочетается с притяжением солнца к возмущенному телу и увеличивает его интенсивность, а в другое время противодействует ему и, следовательно, уменьшает его, в обоих случаях это приводит к отклонению притяжения солнца от точного закона всемирного тяготения, и все действие этой составной центральной силы на возмущенное тело либо больше, либо меньше того, что требуется для совершенного эллиптического движения. При увеличении кривизны траектории возмущенной планеты при выходе из ее перигелия (N. 64), или точки, ближайшей к солнцу, больше, чем она была бы в эллипсе, который приводит планету к ее афелию (N. 65), или точке, наиболее удаленной от солнца, до того, как она пройдет 180°, как это было бы в случае отсутствия возмущений. Так что в этом случае апсиды, или конечности большой оси, продвигаются в пространстве. Когда центральная сила меньше, чем требует

закон всемирного тяготения, кривизна траектории движения планеты меньше кривизны эллипса. Таким образом, планета, покидая свой перигелий, пройдет более 180° , прежде чем достигнет своего афелия, что приводит к отступлению апсид в пространстве (N. 66). Случаи как продвижения, так и спада происходят во время обращения двух планет; но преобладают те, при которых апсиды движутся вперед. Это, однако, не полный объем движения апсид; часть возникает также из-за касательной силы (N. 63), которая попеременно ускоряет и замедляет скорость возмущенной планеты. Увеличение тангенциальной скорости планеты уменьшает кривизну ее орбиты и эквивалентно уменьшению центральной силы. Напротив, уменьшение тангенциальной скорости, которое увеличивает кривизну орбиты, эквивалентно увеличению центральной силы. Эти колебания, вызванные касательной силой, вызывают попеременное углубление и выдвижение апсид, как уже объяснялось (N. 66). Некомпенсированная часть прямого движения, возникающая по этой причине, согласуется с той, которая уже вызвана радиальной силой, и в некоторых случаях даже почти удваивает прямое движение этих точек. Движение апсид можно представить, предположив, что планета движется по эллипсу, в то время как сам эллипс медленно вращается вокруг солнца в той же плоскости (N. 67). Это движение большой оси, которая является прямой на всех орбитах, за исключением орбиты планеты Венера, нерегулярно и настолько медленно, что большой оси земной орбиты требуется более 109 830 лет, чтобы совершить звездный оборот (н.э. 68), то есть вернуться к тем же звездам; и 20 984 года, чтобы завершить свой тропический оборот (н.э. 69), или вернуться к тому же равноденствию. Разница между этими двумя периодами возникает из-за ретроградного движения точки равноденствия, которая встречается с движущейся осью до того, как она завершит свой оборот относительно звезд. Главной оси орбиты Юпитера требуется не менее 200 610 лет, чтобы совершить свой звездный оборот, и 22 748 лет, чтобы совершить свой тропический оборот из-за возмущающего действия одного только Сатурна.

Изменение эксцентриситета орбиты возмущенной планеты является непосредственным следствием отклонения от эллиптической кривизны, вызванного действием возмущающей силы. Когда траектория тела при переходе от его перигелия к афелию более изогнута, чем должна быть, из-за воздействия возмущающих сил, оно попадает в пределы эллиптической орбиты, эксцентриситет уменьшается, и орбита становится более близкой к круговой; когда эта кривизна меньше, чем должна быть, траектория планеты проходит без учета ее эллиптической орбиты (N. 66), и эксцентриситет увеличивается; во время этих изменений длина большой оси не изменяется, орбита только выпячивается или становится более круглой. более плоский (N. 70). Таким образом, изменение эксцентриситета возникает по той же причине, которая вызывает движение апсид (N. 67). Между этими двумя элементами существует неразрывная связь: они изменяются одновременно и имеют одинаковый период; так что, в то время как большая ось вращается в течение огромного периода времени, эксцентриситет увеличивается и уменьшается на очень малые величины и, наконец, возвращается к своей первоначальной величине при каждом повороте апсиды. Эксцентриситет земли уменьшается со скоростью около 40 миль в год; и если бы он уменьшался равномерно, прошло бы 39 861 год, прежде чем орбита земли приобрела форму круга. Взаимное действие Юпитера и Сатурна вызывает изменения эксцентриситета обеих орбит, причем наибольшая эксцентриситет орбиты Юпитера соответствует наименьшей эксцентриситет орбиты Сатурна. Период, за который совершаются эти перипетии, составляет 70 414 лет, оценивая действие только этих двух планет; но, если оценить действие всех планет, цикл растянулся бы на миллионы лет.

Теперь следует рассмотреть ту часть возмущающей силы, которая действует перпендикулярно плоскости орбиты, вызывая периодические изменения широты, вековые изменения наклона орбиты и обратное движение к ее узлам в истинной плоскости эклиптики (N. 71). Эта сила стремится подтянуть возмущенное тело выше или толкнуть (N. 72) ниже плоскость его орбиты, в соответствии с относительным положением двух планет относительно солнца, считается неподвижной. Этим действием он иногда заставляет плоскость орбиты возмущенного тела стремиться совпадать с плоскостью эклиптики, а иногда увеличивает его наклон к этой плоскости. Вследствие чего его узлы попеременно удаляются или продвигаются по эклиптике (N. 73). Когда возмущающая планета находится на линии узлов возмущенной планеты (N. 74), это не влияет ни на эти точки, ни на широту, ни на наклон, потому что тогда обе планеты находятся в одной плоскости. Когда она находится под прямым углом к линии узлов и орбита симметрична по обе стороны от возмущающей силы, среднее движение этих точек после обращения возмущенного тела является ретроградным и сравнительно быстрым; но когда возмущающая планета расположена так, что орбита возмущенной планеты не симметрична по обе стороны от возмущающей силы, что имеет место чаще всего, имеет место всевозможное разнообразие действий. Следовательно, узлы постоянно продвигаются или удаляются с неодинаковой скоростью; но, поскольку компенсация не осуществляется, их движение в целом является ретроградным.

Что касается изменений наклона, ясно, что, когда орбита симметрична по обе стороны от возмущающей силы, все ее изменения компенсируются после обращения возмущенного тела и являются просто периодическими возмущениями широты планеты; и никаких вековых изменений наклона орбиты не вызывается. Когда, напротив, эта орбита не симметрична по обе стороны от возмущающей силы, хотя многие изменения широты являются временными или периодическими, тем не менее, после полного оборота возмущенного тела часть остается некомпенсированной, что формирует вековое изменение наклона орбиты к плоскости эклиптики. Верно, что часть этого временного изменения наклона компенсируется вращением возмущающего тела, движение которого до сих пор не принималось во внимание, так что возмущение компенсирует возмущение; но все же в наклоне происходит сравнительно постоянное изменение, которое не компенсируется до тех пор, пока узлы не совершат полный оборот.

Изменения наклона чрезвычайно малы (N. 75) по сравнению с движением узлов, и между их вековыми изменениями существует такая же неразрывная связь, как между изменением эксцентриситета и движением большой оси. Узлы и наклонения изменяются одновременно; их периоды одинаковы и очень велики. Узлам орбиты Юпитера, зависящим только от действия Сатурна, требуется 36 261 год, чтобы совершить даже тропический оборот. В том, что предшествует, рассматривалось влияние только одного возмущающего тела; но, когда принимаются во внимание действие и реакция всей системы, каждая планета подвергается воздействию и сама действует подобным образом на все остальные; и совместный эффект поддерживает склонности и эксцентриситеты в состоянии постоянного изменения. Это заставляет главные оси всех орбит непрерывно вращаться и вызывает, в среднем, обратное движение узлов каждой орбиты друг относительно друга. Сама эклиптика (N. 71) находится в движении из-за взаимного действия земли и планет, так что все это представляет собой сложное явление огромной сложности, простирающееся на протяжении неизвестных эпох. В настоящее время наклоны всех орбит уменьшаются, но так медленно, что наклон орбиты Юпитера всего примерно на шесть минут меньше, чем это было в эпоху Птолемея.

Но, несмотря на все эти превратности, длина главных осей и среднее движение планет остаются постоянно независимыми от вековых изменений. Они настолько связаны законом Кеплера, согласно которому квадраты периодов времени пропорциональны кубам средних расстояний планет от солнца, что одно не может изменяться, не влияя на другое. И доказано, что любые изменения, которые действительно имеют место, являются временными и зависят только от взаимного положения тел.

Верно, что, согласно теории, радиальная возмущающая сила должна в определенной степени постоянно изменять размеры всех орбит и периодичность обращения всех планет. Например, массы всех планет, вращающихся внутри орбиты любой из них, такой как Марс, добавляясь к внутренней массе, увеличивают силу притяжения солнца, которое, следовательно, должно сокращать размеры орбиты этой планеты и уменьшать ее периодическое время; в то время как планеты, находящиеся снаружи от орбиты Марса, должны оказывать противоположный эффект. Но масса всех планет и спутников, взятых вместе, так мала по сравнению с массой Солнца, что эти эффекты совершенно незаметны и могли быть обнаружены только теоретически. И поскольку несомненно, что длина главных осей и средние перемещения не изменяются постоянно под действием какой бы то ни было другой силы, можно заключить, что они неизменны.

За исключением этих двух элементов, кажется, что все тела находятся в движении, и каждая орбита находится в состоянии постоянного изменения. Какими бы незначительными ни были эти изменения, можно предположить, что с течением веков они будут накапливаться в достаточной степени, чтобы нарушить весь порядок природы, изменить взаимное расположение планет, положить конец смене времен года и вызвать столкновения, которые повергнут всю нашу систему, ныне такую гармоничную, в хаотическое замешательство. Естественно задаться вопросом, какие существуют доказательства того, что природа будет сохранена от такой катастрофы? Из наблюдений ничего нельзя узнать, поскольку существование человеческой расы занимает сравнительно небольшой промежуток времени, в то время как эти перипетии охватывают мириады веков. Доказательство простое и убедительное. Все изменения солнечной системы, как вековые, так и периодические, аналитически выражаются синусами и косинусами дуг окружности (N. 76), которые увеличиваются со временем; и, поскольку синус или косинус никогда не могут превышать радиус, но должны колебаться между нулем и единицей, как бы сильно ни увеличивалось время, из этого следует, что когда вариации достигают максимума в результате медленных изменений, за сколь угодно долгий промежуток времени они уменьшаются такими же медленными темпами, пока не достигнут своего наименьшего значения, чтобы снова начать новый курс; таким образом, они всегда колеблются примерно среднее значение. Этого обстоятельства, однако, было бы недостаточно, если бы не небольшие отклонения планетных орбит, их незначительные наклоны к плоскости эклиптики и вращение всех тел, как планет, так и спутников, в одном и том же направлении. Они обеспечивают вечную стабильность солнечной системы (N. 77). Однако в то время, когда стабильность была доказана Ла Гранжем и Ла Плейсом, телескопические планеты между Марсом и Юпитером еще не были открыты; но Ла Гранж, исследовав предмет с очень общей точки зрения, показал, что, если планетная система состоит из очень неодинаковых масс, вся большая планета сохраняла бы неизменную стабильность в отношении формы и положения своих орбит, в то время как орбиты меньшей могли бы претерпевать неограниченные изменения. М. Леверье применил это к Солнечной системе и обнаружил, что орбиты всех больших планет изменяются в зависимости от их массы.

навсегда сохраняют неизменную стабильность формы и положения; ибо, хотя и подвержены мутациям в течение очень длительных периодов, они снова возвращаются точно к тому, чем были изначально, колеблясь в очень узких пределах; но он обнаружил зону нестабильности между орбитой Марса и вдвое большим средним расстоянием Земли от солнца,^[1] или между $1 \cdot 5$ и $2 \cdot 00$; следовательно, положение и форма орбит таких телескопических планет, которые вращаются в пределах этой зоны, будет подвержена неограниченным вариациям. Но орбиты тех, что более удалены от Солнца, чем Флора, или за пределами $2 \cdot 20$, будут стабильными, так что их эксцентриситеты и наклоны всегда должны были быть и всегда останутся очень большими, поскольку они, должно быть, зависели от примитивных условий, которые преобладали, когда эти планетарные атомы были запущены в космос. 51-е из этих малых тел, которое было открыто и элементы его орбиты определены М. Вальцем в Ниме, имеет среднее расстояние $1 \cdot 88$; таким образом, оно вращается в зоне нестабильности. Он имеет более короткое периодическое время, чем любой из ранее обнаруженных, и большую эксцентricность, за исключением Nysa. Его орбита пересекает орбиту Марса и приближается к земле ближе, чем орбиты Марса или Венеры, что было бы благоприятно для исправления параллакса Солнца или подтверждения его точности. Телескопические планеты, какими бы многочисленными они ни были, не оказывают влияния на движение более крупных планет, поскольку диаметр Юпитера составляет 90 734 мили, в то время как диаметр Паллады, его ближайшего соседа, составляет всего 97 миль, что немногим больше расстояния от Лондона до Бата. Диаметр Марса, по другую сторону от малых планет, составляет 4546 миль, а Земли - $7925\frac{1}{2}$ миль, так что телескопическая группа слишком мала, чтобы мешать другим. М. Леверье обнаружил еще одну зону нестабильности между Венерой и Солнцем, на границе которой вращается Меркурий, наклон орбиты которого к плоскости эклиптики составляет около 7° , что больше, чем у любой из крупных планет. Орбита Нептуна, без сомнения, столь же стабильна, как и орбиты любой другой большой планеты, поскольку наклон очень мал, но у него будут периодические колебания очень большой продолжительности из-за взаимного притяжения между ним и Ураном, одно особенно огромной продолжительности, аналогичное таковому у Юпитера и Сатурна, и, подобно им, зависящее от времени его обращения вокруг Солнца, которое почти вдвое длиннее, чем у Сатурна. Мистер Адамс вычислил, что Нептун вызывает периодические возмущения в движении Урана, продолжительность которых составляет около 6800 лет.

Равновесие системы, однако, было бы нарушено, если бы планеты двигались в сопротивляющейся среде (N. 78), достаточно плотной, чтобы уменьшить их тангенциальную скорость, поскольку тогда и эксцентриситеты, и главные оси орбит менялись бы со временем, так что стабильность системы была бы в конечном итоге нарушена. Существование эфирной среды теперь доказано; и, хотя она встречается настолько редко, что до сих пор ее влияние на движения планет было совершенно незаметным, не может быть сомнений в том, что с течением времени она изменит формы планетных орбит и, наконец, может даже вызвать разрушение нашей системы, которая сама по себе не содержит принципа распада, если только вращательное движение с запада на восток не было придано этой среде телами солнечной системы, которые все вращались вокруг Солнца в этом направлении в течение неизвестных веков. Это вращение, которое кажется весьма вероятным, возможно, даже произошло одновременно с его созданием. Такой вихрь не оказал бы никакого влияния на тела, движущиеся вместе с ним, но он повлиял бы на движения тех, кто вращается в противоположном направлении. Возможно, что возмущения, испытываемые кометами, которые

уже выявили существование этой среды, со временем могут также выявить ее вращательное движение.

Форма и положение планетных орбит и движение тел в одном направлении вместе с периодичностью терминов, в которых выражаются неравенства, убеждают нас в том, что вариации системы ограничены очень узкими пределами, и что, хотя мы не знаем ни протяженности границ, ни периода того великого цикла, который, вероятно, охватывает миллионы лет, все же они никогда не превысят того, что требуется для стабильности и гармонии целого, для сохранения которых так прекрасно и чудесно приспособлены все обстоятельства.

Сама плоскость эклиптики, хотя и считается фиксированной в данную эпоху для удобства астрономических вычислений, подвержена незначительному вековому изменению в $45'' \cdot 7$, вызванному взаимным действием планет. Но, поскольку это также периодически и не может превышать $2^\circ 42'$, земной экватор, который наклонен к нему под углом^[2] $23^\circ 27' 28'' \cdot 29$, никогда не совпадет с плоскостью эклиптики: поэтому вечной весны никогда не может быть (N. 79). Вращение земли равномерное; следовательно, день и ночь, лето и зима будут продолжать свое чередование, пока система существует или не нарушена внешними причинами.

Вон тот звездный шар

О планетах и неподвижных телах во всех ее колесах,

Напоминает ближайшие запутанные лабиринты,

Эксцентричный, вовлеченный, но в то же время правильный,

Тогда чаще всего, когда они кажутся наиболее нерегулярными.

Стабильность нашей системы была установлена Ла Гранжем: “Открытие, - говорит профессор Плейфейр, - которое должно сделать это имя навсегда запоминающимся в науке и почитаемым теми, кто получает удовольствие от созерцания всего превосходного”. После открытия Ньютоном механических законов эллиптических орбит планет, открытие Лагранжа об их периодических неравенствах, без сомнения, является самой благородной истиной в механизме небес; а что касается учения о конечных причинах, то его можно рассматривать как величайшую из всех.

Несмотря на постоянство нашей системы, вековые колебания планетных орбит были бы крайне затруднительны для астрономов, когда возникла бы необходимость сравнивать наблюдения, разделенные большими периодами. Трудность была частично устранена, и принцип ее решения был установлен Ла Плейсом, а с тех пор был расширен М. Пуансо. Оказывается, что существует неизменная плоскость (N. 80), проходящая через центр тяжести системы, вокруг которой все колеблется в очень узких пределах, и что эта плоскость всегда будет оставаться параллельной самой себе, какие бы изменения ни вызывало время в орбитах планет, в плоскости эклиптики или даже в законе всемирного тяготения; при условии только, что наша система остается не связанной ни с какой другой. Положение плоскости определяется следующим свойством: если каждую частицу в системе умножить на площадь, описанную на этой плоскости за данное время, на проекцию ее радиус—вектора на общий центр тяжести целого, сумма всех этих произведений будет максимальной (N. 81). Ла Плейс обнаружил, что рассматриваемая плоскость наклонена к эклиптике под углом почти $1^\circ 34' 15''$, и что, проходя

через солнце и примерно на полпути между орбитами Юпитера и Сатурна, ее можно рассматривать как экватор солнечной системы, разделяющий ее на две части, которые уравнивают друг друга во всех своих движениях. Эта плоскость наибольшей инерции, никоим образом не свойственная солнечной системе, но существующая в каждой системе тел, подчиняющихся только их взаимному притяжению, всегда сохраняет фиксированное положение, исходя из которого колебания системы могут оцениваться в течение неограниченного времени. Будущие астрономы узнают по его неизменности или изменчивости, связаны ли солнце и его спутники с другими системами Вселенной или нет. Если между ними нет связи, то из вращения солнца можно сделать вывод, что центр тяжести (N. 82) системы, расположенной в пределах его массы, описывает прямую линию в этой неизменной плоскости или большом экваторе солнечной системы, которая, не подверженная изменениям времени, будет сохранять свою стабильность в течение бесконечных веков. Но если неподвижные звезды, кометы или какие-либо неизвестные и невидимые тела воздействуют на наше солнце и планеты, узлы этой плоскости будут медленно удаляться на плоскости той огромной орбиты, которую солнце может описывать вокруг какого-либо наиболее удаленного центра, за период, определить который человеку не под силу. Есть все основания полагать, что это так; ибо более чем вероятно, что, как бы ни были далеки неподвижные звезды, они в какой-то степени влияют на нашу систему, и что даже неизменность этой плоскости относительна и кажется неизменной только существам, неспособным оценить ее мельчайшие и медленные изменения в течение небольшого отрезка времени и пространства, отпущенного человечеству. “Развитие таких изменений,” как справедливо замечает М. Пуансо, “подобно огромной кривой, дугу которой мы видим такой маленькой, что представляем ее как прямую линию”. Если мы расширим наши взгляды на всю Вселенную и рассмотрим звезды вместе с солнцем как блуждающие тела, вращающиеся вокруг общего центра творения, мы сможем тогда распознать в экваториальной плоскости, проходящей через центр тяжести Вселенной, единственный пример абсолютного и вечного покоя.

Все периодические и вековые неравенства, выведенные из закона всемирного тяготения, настолько точно подтверждаются наблюдениями, что анализ стал одним из наиболее надежных средств обнаружения планетарных неоднородностей, либо когда они слишком малы, либо когда их периоды слишком велики, чтобы их можно было обнаружить другими методами. Однако Юпитер и Сатурн демонстрируют неравенство, которое долгое время казалось противоречащим этому закону. Все наблюдения, начиная с наблюдений китайцев и арабов вплоть до наших дней, доказывают, что на протяжении веков средние движения Юпитера и Сатурна испытывали сильное неравенство в течение очень длительного периода, образуя очевидную аномалию в теории планет. Из наблюдений давно было известно, что пятикратное среднее движение Сатурна почти равно двукратному движению Юпитера; соотношение, которое проницательность Ла Плейса усмотрела в причине периодической неравномерности в среднем движении каждой из этих планет, завершающей свой период почти за 918 лет, причем одна замедляется, в то время как другая ускоряется; но как величина, так и период этих величин различаются вследствие вековых изменений элементов орбит. Предположим, что две планеты находятся по одну и ту же сторону от солнца и все три находятся на одной прямой, тогда говорят, что они находятся в соединении (N. 83). Теперь, если они начнут двигаться одновременно, причем один совершит ровно пять оборотов по своей орбите, в то время как другой совершит только два, ясно, что Сатурн, медленно движущееся тело, пройдет только часть своей орбиты за то время, пока Юпитер совершит один полный оборот и часть другого, прежде чем они снова

соединятся. Обнаружено, что в течение этого времени их взаимное действие таково, что вызывает огромное количество возмущений, которые компенсируют друг друга, но что все еще остается часть невыполненной из-за продолжительности времени, в течение которого силы действуют одинаковым образом; и, если бы соединение всегда происходило в одной и той же точке орбиты, это некомпенсированное неравенство в среднем движении продолжало бы увеличиваться до тех пор, пока периоды времени и формы орбит полностью и постоянно не изменились: случай, который действительно имел бы место, если бы Юпитер совершил ровно пять оборотов за то время, когда Сатурн совершил два. Эти обращения, однако, не совсем соизмеримы; точки, в которых происходят соединения, каждый раз опережаются на целых $8^{\circ}37'$; так что соединения происходят точно в одних и тех же точках орбит не раньше, чем через 850 лет; и, вследствие этого небольшого опережения, планеты приводятся в такие относительные положения, что неравенство, которое, казалось, угрожало стабильности системы, полностью компенсируется, и тела, вернувшись в те же относительные положения друг относительно друга и солнца, начинают новый курс. Вековые вариации элементов орбиты увеличивают период неравенства до 918 лет (N. 84). Поскольку любое возмущение, влияющее на среднее движение, влияет также на большую ось, возмущающие силы имеют тенденцию уменьшать большую ось орбиты Юпитера и увеличивать ось орбиты Сатурна в течение одной половины периода и наоборот в течение другой половины. Это неравенство строго периодически, поскольку зависит от конфигурации (N. 85) двух планет; и теория подтверждается наблюдениями, которые показывают, что в течение двадцати столетий среднее движение Юпитера ускорилось примерно на $3^{\circ}23'$ с, а Сатурна замедлилось на $5^{\circ}13'$ с. Несколько случаев возмущений такого рода происходят в Солнечной системе. Одно из них, среднее движение Земли и Венеры, составляющее всего несколько секунд, было недавно с огромным трудом рассчитано профессором Эйри. Она претерпевает свои изменения за 240 лет и возникает из-за того, что периодическое время Венеры, в тринадцать раз превышающее периодическое время Земли, почти равно восьмикратному. Каким бы маленьким он ни был, он чувствителен к движениям Земли.

Можно было бы представить, что взаимное действие таких планет, у которых есть спутники, отличалось бы от влияния тех, у которых их нет. Но расстояния спутников от их основных объектов несравнимо меньше, чем расстояния планет от солнца и друг от друга. Таким образом, система планеты и ее спутников движется почти так, как если бы все эти тела были объединены в их общем центре тяжести. Действие солнца, однако, в некоторой степени нарушает движение спутников относительно их первичной звезды.

РАЗДЕЛ IV.

Теория спутников Юпитера—Влияние фигуры Юпитера на его Спутники—Положение их орбит—Особые законы движения первых трех спутников—Затмения спутников—Скорость света—Аберрации—Эфирная среда—Спутники Сатурна и Урана.

Изменения, происходящие в планетной системе, проявляются в меньшем масштабе Юпитером и его спутниками; и, поскольку период, необходимый для развития неравенств этих лун, длится всего несколько столетий, его можно рассматривать как воплощение того великого цикла, который не будет завершен планетами в течение мириадом веков. Вращение спутников вокруг Юпитера в точности аналогично обращению планет вокруг Солнца; это правда, что солнце возмущает их, но расстояние до него так велико, что их движения почти одинаковы, как если бы они не находились под его влиянием. Спутники, как и планеты, вероятно, были спроектированы по эллиптическим орбитам; но, поскольку массы спутников почти в 100 000 раз меньше массы Юпитера; и поскольку сжатие сфероида Юпитера вследствие его быстрого вращения настолько велико, что его экваториальный диаметр превышает его полярный диаметр не менее чем на 6000 миль; огромное количество выступающего вещества на его экваторе, должно быть, вскоре придало круглую форму, наблюдаемую на орбитах первого и второго спутников, которую всегда будет поддерживать его превосходящее притяжение. Третий и четвертый спутники, находясь дальше от его влияния, вращаются по орбитам с очень небольшим отклонением от центра. И, хотя первые два разумно движутся по кругам, их орбиты приобретают небольшую эллиптичность из-за возмущений, которые они испытывают (N. 86).

Было указано, что притяжение сферы к внешнему телу такое же, как если бы его масса была объединена в одну частицу в ее центре тяжести, и, следовательно, обратно пропорционально квадрату расстояния. Однако в сфероиде существует дополнительная сила, возникающая из-за выпуклой массы на его экваторе, которая, не подчиняясь точному закону всемирного тяготения, действует как возмущающая сила. Одним из эффектов этой возмущающей силы в сфероиде Юпитера является прямое движение по большим осям орбит всех его спутников, которое тем быстрее, чем ближе спутник к планете, и намного превышает ту часть их движения, которая возникает из-за возмущающего действия солнца. По той же причине орбиты спутников остаются почти в плоскости экватора Юпитера (H.э. 87), из-за чего спутники всегда видны почти на одной линии (H.э. 88); и мощное воздействие такого количества выделяющейся материи является причиной того, что движения узлов этих малых тел намного быстрее, чем движения планеты. Узлы четвертого спутника совершают тропический оборот за 531 год, в то время как узлам орбиты Юпитера требуется не менее 36 261 года; — доказательство взаимного притяжения между каждой частицей экватора Юпитера и спутников. На самом деле, если бы спутники двигались точно в плоскости экватора Юпитера, они не были бы вытянуты из этой плоскости, потому что его притяжение было бы равным по обе стороны от нее. Но, поскольку их орбиты имеют небольшой наклон к плоскости экватора планеты, наблюдается недостаток симметрии, и действие выпуклого вещества имеет тенденцию вызывать регрессию узлов, притягивая спутники выше или ниже плоскостей их орбит; действие, которое настолько сильно на внутренние спутники, что движения их узлов почти такие же, как если бы не существовало никакой другой возмущающей силы.

Орбиты спутников сохраняют постоянное наклонение не к плоскости экватора Юпитера или к плоскости его орбиты, а к определенным плоскостям, проходящим между ними и через их пересечение. Они имеют больший наклон к экватору по мере удаления от спутника из-за влияния сжатия Юпитера; и они имеют медленное движение, соответствующее вековым изменениям плоскостей орбиты и экватора Юпитера.

Спутники подвержены не только периодическим и вековым неравенствам из-за их взаимного притяжения, подобным тем, которые влияют на движение и орбиты планет, но и другим,

присущим им самим. Из периодических неравенств, возникающих из-за их взаимного притяжения, наиболее замечательные имеют место в угловых движениях (N. 89) трех ближайших к Юпитеру звезд, вторая из которых получает от первой возмущение, подобное тому, которое она производит в третьей; и она испытывает от третьей возмущение, подобное тому, которое она сообщает первой. В затмениях эти два неравенства объединяются в одно, период которого составляет 437·659 дней. Вариации, характерные для спутников, возникают из-за вековых неравенств, вызванных действием планет на форму и положение орбиты Юпитера, а также из-за смещения его экватора. Очевидно, что все, что изменяет относительное положение Солнца, Юпитера и его спутников, должно вызвать изменение направлений и интенсивности сил, которые повлияют на движение и орбиты спутников. По этой причине вековые изменения эксцентриситета орбиты Юпитера приводят к вековым неравенствам в средних движениях спутников, а также в движениях узлов и апсид их орбит. Смещение орбиты Юпитера и изменение положения его экватора также влияют на эти малые тела (N. 90). Плоскость экватора Юпитера наклонена к плоскости его орбиты под углом $3^{\circ} 5' 30''$, так что действие солнца и самих спутников вызывает нутацию и прецессию (N. 91) на его экваторе, в точности аналогичные тем, которые происходят при вращении земли под действием солнца и луны. Следовательно, выпуклая материя на экваторе Юпитера постоянно меняет свое положение по отношению к спутникам и вызывает соответствующие изменения в их движении. И поскольку причина должна быть пропорциональна следствию, эти неравенства дают возможность не только установить сжатие сфероида Юпитера, но и доказать, что его масса неоднородна. Хотя видимые диаметры спутников слишком малы, чтобы их можно было измерить, тем не менее их возмущения дают значения их масс со значительной точностью — поразительное доказательство эффективности анализа.

Для средних перемещений и средних долгот первых трех спутников действует особый закон. Из наблюдений следует, что среднее движение первого спутника плюс удвоенное движение третьего равно втрое большему, чем у второго; и что средняя долгота первого спутника, минус втрое больше, чем у второго, плюс удвоенная долгота третьего, всегда равна двум прямым углам. Теоретически доказано, что, если бы эти отношения были лишь приблизительными, когда спутники были впервые запущены в космос, их взаимное притяжение установило бы и поддерживало их, несмотря на вековое неравенство, которому они подвержены. Они распространяются на синодические движения (N. 92) спутников; следовательно, они влияют на их затмения и оказывают очень большое влияние на всю их теорию. Спутники движутся настолько близко к плоскости экватора Юпитера, который имеет очень малый наклон к его орбите, что первые три при каждом обороте затмеваются тенью планеты, которая намного больше тени Луны: четвертый спутник затмевается не так часто, как остальные. Затмения происходят вблизи диска Юпитера, когда он находится вблизи оппозиции (N. 93); но иногда его тень настолько отбрасывается на землю, что третий и четвертый спутники исчезают и снова появляются на той же стороне диска (N. 94). Эти затмения во всех отношениях подобны затмениям Луны: но иногда спутники затмевают Юпитер, иногда проходя как неясные пятна по его поверхности, напоминаящие кольцевые затмения солнца, а иногда как яркое пятно, пересекающее один из его темных поясов. До столкновения тень спутника, похожая на круглое черное пятно, предшествует его прохождению по диску планеты; а после столкновения тень следует за спутником.

Вследствие уже упомянутых соотношений средних движений и средних долгот первых трех спутников, они никогда не могут затмиться все одновременно: ибо, когда второй и третий

находятся в одном направлении, первый находится в противоположном направлении; следовательно, когда затмевает первый, два других должны находиться между солнцем и Юпитером. Момент начала или окончания затмения спутника отмечает один и тот же момент абсолютного времени для всех жителей земли; следовательно, время этих затмений, наблюдаемое путешественником, при сравнении со временем затмения, рассчитанным для Гринвича или любого другого фиксированного меридиана (N. 95), дает разницу меридианов во времени и, следовательно, долготу места наблюдения. Долгота определяется с предельной точностью всякий раз, когда есть возможность мгновенно передавать время с помощью электричества из одного места в другое, поскольку это устраняет ошибки часов и хронометров. Затмения спутников Юпитера были средством открытия, которое, хотя и не столь непосредственно применимо к потребностям человека, раскрывает одно из свойств света — того медиума, без ободряющего влияния которого все красоты творения были бы для нас пустой тратой времени. Замечено, что те затмения первого спутника, которые происходят, когда Юпитер находится вблизи конъюнкции (N. 96), происходят позже на $16' 26'' \cdot 6$, чем те, которые происходят, когда планета находится в оппозиции. Поскольку Юпитер ближе к нам, когда находится в оппозиции, на всю ширину земной орбиты, чем когда находится в соединении, это обстоятельство следует отнести за счет времени, затрачиваемого лучами света на пересечение земной орбиты, расстояния около 190 000 000 миль; отсюда подсчитано, что свет распространяется со скоростью 192 000 миль в секунду. Его скорость такова, что земле, движущейся со скоростью девятнадцать миль в секунду, потребовалось бы два месяца, чтобы преодолеть расстояние, которое луч света преодолел бы за восемь минут. Последующее открытие аберрации света полностью подтвердило этот удивительный результат.

Кажется, что объекты расположены в направлении исходящих от них лучей. Если бы свет распространялся мгновенно, каждый объект, находящийся в состоянии покоя или в движении, появлялся бы в направлении этих лучей; но, поскольку для распространения света требуется некоторое время, мы видим Юпитер в соединении с помощью лучей, которые до этого оставляли его на расстоянии $16^m 26^s \cdot 6$; но за это время мы изменили свое положение вследствие движения Земли по ее орбите: поэтому мы относим Юпитер к месту, в котором его нет. Его истинное положение находится по диагонали (N. 97) параллелограмма, стороны которого находятся в отношении скорости света к скорости Земли на ее орбите, которое составляет 192 000 к 19, или почти 10 000 к 1. Вследствие аберрации света небесные тела кажутся находящимися в местах, в которых их нет. На самом деле, если бы земля находилась в состоянии покоя, лучи от звезды проходили бы вдоль оси направленного на нее телескопа; но если бы земля начала двигаться по своей орбите со своей обычной скоростью, эти лучи ударялись бы о стенку трубы; следовательно, было бы необходимо немного наклонить телескоп, чтобы увидеть звезду. Угол, заключенный между осью телескопа и линией, проведенной к истинному положению звезды, является ее аберрацией, величина и направление которой различаются в разных частях земной орбиты; но, поскольку он составляет всего $20'' \cdot 481$, в обычных случаях он незаметен (N. 98).

Скорость света, выведенная из наблюдаемой аберрации неподвижных звезд, полностью соответствует скорости, заданной затмениями первого спутника. Один и тот же результат, полученный из столь разных источников, не оставляет сомнений в его истинности. Множество таких прекрасных совпадений, происходящих из обстоятельств, по-видимому, самых неперспективных и непохожих друг на друга, встречаются в физической астрономии, и доказывают связи, которые мы иначе не смогли бы проследить. Идентичность скорости света

на расстоянии Юпитера и на поверхности земли показывает, что его скорость одинакова; и поскольку свет состоит из колебаний упругой среды или эфира, заполняющего пространство, равномерность его скорости показывает, что плотность среды на всем протяжении солнечной системы должна быть пропорциональна ее упругости (N. 99). Среди удачных догадок, подтвержденных последующим опытом, не менее примечательна догадка Бэкона: “Она вызывает во мне, - говорит восстановитель истинной философии, - сомнение в том, виден ли лик безмятежных и звездных небес в тот момент, когда он действительно существует, или только некоторое время спустя; и не существует ли по отношению к небесным телам истинного времени и кажущегося времени, равно как и истинного места и кажущегося места, как говорят астрономы, из-за параллакса. Ибо кажется невероятным, что виды или лучи небесных тел могут проходить через огромный промежуток времени между ними и нами в одно мгновение или что для этого даже не требуется какой-то значительной доли времени”.

Великие открытия обычно приводят к различным выводам: абберация света дает прямое доказательство движения Земли по своей орбите; а ее вращение доказывается теорией падающих тел, поскольку создаваемая ею центробежная сила замедляет колебания маятника (N. 100) при движении от полюса к экватору. Таким образом, требовался высокий уровень научных знаний, чтобы рассеять ошибки чувств (N. 237).

То немного, что известно о теориях спутников Сатурна и Урана, во всех отношениях аналогично теориям Юпитера. Сатурн сопровождается восемью спутниками. Седьмая планета размером примерно с Марс, а восьмая была одновременно открыта мистером Бондом в Америке и выдающимся астрономом мистером Ласселлом из Ливерпуля. Орбиты двух последних имеют заметный наклон к плоскости кольца; но сильное сжатие Сатурна заставляет другие спутники двигаться почти в плоскости его экватора. Для того, чтобы сделать два внутренних спутника видимыми, должно совпасть так много обстоятельств, что их очень редко можно увидеть. Они движутся точно по краю кольца, и их орбиты никогда не отклоняются от его плоскости. В 1789 году сэр Уильям Гершель увидел их подобными бусинкам, пронизывающим тонкую полосу света, в которую превращается кольцо, если смотреть на него с краю с земли. И в течение короткого времени он видел, как они удаляются от него с обоих концов, поворачиваясь по своим орбитам. Затмения внешних спутников происходят только тогда, когда кольцо находится в этом положении. Мистер Ласселл с помощью мощного телескопа, изготовленного им самим, несколько раз видел Япет, ближайший из двух, даже когда отверстие в кольце было очень широким, что чрезвычайно затрудняло разглядывание столь крошечного объекта. Мы ничего не знаем ни о положении экватора Урана, ни о его сжатии; но орбиты его спутников почти перпендикулярны плоскости эклиптики; и, по аналогии, они должны находиться в плоскости его экватора. Уран настолько удален, что он больше похож на планетарную туманность, чем на планету, что делает чрезвычайно трудным вообще различать спутники; и совершенно безнадежным без такого телескопа, который редко можно встретить даже в обсерваториях. Сэр Уильям Гершель обнаружил два наиболее удаленных от планеты спутника и установил их приблизительные периоды, которые его сын впоследствии определил как $13^{\text{день}} 11^{\text{ч}} 7^{\text{м}} 12^{\text{с}}.6$ и $8^{\text{день}} 16^{\text{час}} 56^{\text{м}} 28^{\text{с}}$. соответственно. Орбиты обоих, по-видимому, имеют наклон около $101^{\circ} 2'$ к плоскости эклиптики. Два внутренних спутника настолько слабые и маленькие и расположены так близко к краю планеты, что их с трудом можно разглядеть даже при самых благоприятных обстоятельствах: однако м-р Ласселл установил, что более удаленный из двух обращается вокруг Урана за 4 дня, а ближайший к планете - за $2\frac{1}{2}$ дня, и после долгого и тщательного изучения он убежден, что система состоит всего из четырех спутников. Вскоре после того, как

был замечен Нептун, мистер Ласселл обнаружил единственный известный спутник, принадлежащий этой планете. Спутники Урана и Нептуна, двух планет на самой отдаленной окраине Солнечной системы, представляют собой единственный пример обращения с востока на запад, в то время как все планеты и все остальные спутники вращаются с запада на восток. Ретроградное движение иногда встречается у комет и двойных звезд.

РАЗДЕЛ V.

Лунная теория—Периодические возмущения Луны—Уравнение смещения центра—Вариации—
Годовое уравнение—Прямое и косвенное действие планет—Воздействие Луны на Землю
нарушает ее собственное движение—Эксцентриситет и наклон Лунной орбиты неизменны—
Ускорение—Вековое изменение узлов и перигея—Движение узлов и перигея неразрывно
связано с ускорением—Нутация Лунной орбиты—Форма и внутренняя структура Земли,
определяемые на основе этого—Лунные, Солнечные и планетарные затмения—Затенения и
лунные расстояния—Среднее расстояние Солнца от Земли, полученное из Лунная теория —
Абсолютные расстояния Планет, как их найти.

Следующим привлекает наше внимание наш постоянный спутник, луна. Несколько обстоятельств сходятся в том, что ее движения являются наиболее интересными и в то же время наиболее трудными для исследования из всех тел нашей системы. В солнечной системе планета беспокоит планету; но, согласно лунной теории, солнце является главной причиной беспокойства, его огромное расстояние компенсируется его огромной величиной, так что движения Луны более нерегулярны, чем движения планет; и, из-за большой эллиптичности ее орбиты и размера солнца, приближения к ее движениям утомительны и трудны, превосходящие то, что могут себе представить те, кто не привык к таким исследованиям. Среднее расстояние Луны от центра Земли составляет всего 238 793 мили, так что ее движение среди звезд можно уловить за несколько часов. Она совершает кругооборот в небесах за 27^{дней}, ^h, ^m, ^s, ^{...}, 5, двигаясь по орбите, эксцентриситет которой составляет около 12 985 миль. Луна примерно в четыреста раз ближе к земле, чем солнце. Близость Луны к земле удерживает их вместе. Ибо притяжение Солнца так велико, что, если бы Луна находилась дальше от земли, она бы совсем покинула ее и вращалась бы вокруг солнца как независимая планета.

Возмущающее действие (N. 101) солнца на Луну эквивалентно трем силам. Первый, действующий в направлении линии, соединяющей Луну и землю, увеличивает или уменьшает ее притяжение к земле. Второй, действующий в направлении касательной к ее орбите, нарушает ее движение по долготе. И третье, действующее перпендикулярно плоскости ее орбиты, нарушает ее широтное движение; то есть оно приближает ее к плоскости эклиптики или удаляет от нее дальше, чем это было бы в противном случае. Периодические возмущения на Луне, возникающие под действием этих сил, совершенно аналогичны периодическим возмущениям планет. Но они гораздо больше и многочисленнее, потому что солнце так велико, что многие неравенства, которые совершенно незаметны в движениях планет, имеют огромную величину в движениях Луны. Среди бесчисленных периодических неравенств, которым

подвержено движение Луны по долготе, наиболее примечательными являются Уравнение Центра, представляющее собой разницу между средней и истинной долготой Луны, Отклонение, Вариация и Годовое уравнение. Возмущающая сила, действующая на линии, соединяющей Луну и землю, вызывает Отклонение: она уменьшает эксцентриситет лунной орбиты при соединении и противодействии, тем самым делая ее более круглой, и увеличивает ее квадратуру, что, следовательно, делает ее более эллиптической. Период действия этого неравенства составляет менее тридцати двух дней. Если бы увеличение и уменьшение всегда были одинаковыми, отклонение зависело бы только от расстояния Луны от солнца; но его абсолютная величина также меняется в зависимости от расстояния до перигея (н.э. 102) ее орбиты. Древние астрономы, наблюдавшие Луну исключительно с целью предсказания затмений, которые могут происходить только в соединении и противостоянии, когда эксцентricность уменьшается из-за Отклонения, придавали слишком малое значение эллиптичности ее орбиты (N. 103). Эвекция была обнаружена Птолемеем в результате наблюдений примерно в 140 году нашей эры. Изменение, вызванное касательной возмущающей силой, которая достигает максимума, когда луна находится на расстоянии 45° от солнца, исчезает, когда это расстояние составляет квадрант, а также когда луна находится в соединении и оппозиции; следовательно, это неравенство никогда не могло быть обнаружено по затмениям: его период составляет половину лунного месяца (N. 104). Годовое уравнение зависит от расстояния Солнца от земли: оно возникает из-за того, что движение Луны ускоряется, когда движение земли замедляется, и *наоборот* - поскольку, когда земля находится в своем перигелии, лунная орбита увеличивается под действием солнца; следовательно, Луне требуется больше времени для совершения своего оборота. Но по мере приближения Земли к своему афелию, орбита Луны сужается, и для завершения ее движения требуется меньше времени — следовательно, его период зависит от времени года. В затмениях Годовое уравнение сочетается с Уравнением Центра земной орбиты, так что древние астрономы представляли себе, что орбита земли имеет большую эксцентricность, чем приписывают ей современные астрономы.

Планеты нарушают движение Луны как прямо, так и косвенно; их воздействие на землю изменяет ее относительное положение относительно солнца и луны и вызывает неравномерности в движении Луны, которые более значительны, чем те, которые возникают в результате их прямого воздействия; по той же причине Луна, нарушая движение земли, косвенно нарушает свое собственное движение. Ни эксцентриситет лунной орбиты, ни ее средний наклон к плоскости эклиптики не претерпели каких-либо изменений из-за вековых неравенств; ибо, хотя среднее воздействие солнца на Луну зависит от наклона лунной орбиты к эклиптике, а положение эклиптики подвержено вековому неравенству, анализ показывает, что это не приводит к вековому изменению наклона лунной орбиты, потому что действие солнца постоянно приводит орбиту Луны к одному и тому же наклону к эклиптике. Среднее движение, узлы и перигей, однако, подвержены весьма заметным изменениям.

По затмению, наблюдавшемуся в Вавилоне 19 марта, за семьсот двадцать один год до христианской эры, местоположение Луны известно по положению солнца в момент противостояния (н.э. 83), откуда можно определить ее среднюю долготу. Но сравнение этой средней долготы с другой средней долготой, рассчитанной для момента затмения на основе современных наблюдений, показывает, что сейчас Луна совершает свой оборот вокруг Земли быстрее и за более короткое время, чем раньше, и что ускорение ее среднего движения возрастало из века в век в квадрате времени (N. 105). Все древние и промежуточные затмения

подтверждают этот результат. Поскольку средние движения планет не имеют вековых неравенств, это казалось необъяснимой аномалией. В одно время это приписывалось сопротивлению эфирной среды, пронизывающей пространство, а в другое - последовательной передаче гравитирующей силы. Но, поскольку Ла Плейс доказал, что ни одна из этих причин, даже если они существуют, не оказывает никакого влияния на движения лунного перигея (N. 102) или узлов, они не могли повлиять на среднее движение; изменение среднего движения от таких причин неразрывно связано с изменениями движений перигея и узлов. Этот великий математик, изучая теорию спутников Юпитера, понял, что вековое изменение элементов орбиты Юпитера, обусловленное действием планет, вызывает соответствующие изменения в движении спутников, что привело его к подозрению, что ускорение среднего движения Луны может быть связано с вековым изменением эксцентриситета земной орбиты. Анализ показал, что он установил истинную причину ускорения.

Доказано, что чем больше эксцентриситет земной орбиты, тем сильнее возмущающее действие солнца на Луну. Теперь, поскольку эксцентриситет уменьшался в течение многих веков, влияние солнца на возмущение Луны в течение этого времени уменьшалось. Следовательно, притяжение Земли оказывало все более сильное воздействие на Луну и постоянно уменьшало размер лунной орбиты. Таким образом, скорость Луны постепенно увеличивалась в течение многих столетий, чтобы уравновесить усиление притяжения Земли. Это вековое увеличение скорости Луны называется Ускорением, название, особенно подходящее в настоящее время, и оно будет оставаться таким в течение огромного количества веков; потому что, пока эксцентриситет земли уменьшается, среднее движение Луны будет ускоряться; но когда эксцентриситет превысит свой минимум и начнет увеличиваться, среднее движение будет замедляться из века в век. Вековое ускорение сейчас составляет около $11'' \cdot 9$, но его влияние на положение Луны увеличивается с квадратом времени (N. 106). Примечательно, что действие планет, отраженное таким образом солнцем на Луну, гораздо более ощутимо, чем их прямое воздействие на землю или Луну. Вековое уменьшение эксцентриситета, которое не изменило уравнение центра Солнца ни на восемь минут с момента самых ранних зарегистрированных затмений, привело к изменению долготы Луны примерно на $1^\circ 48'$ и на $7^\circ 12'$ ее средней аномалии (N. 107).

Действие солнца вызывает быстрое, но изменчивое движение в узлах и перигее лунной орбиты. Хотя узлы отступают в течение большей части оборота Луны и продвигаются в течение меньшей, они совершают свой звездный оборот за $6793^{\text{дня}} 9^{\text{ч}} 23^{\text{м}} 9^{\text{с}} \cdot 3$, или около $18\frac{6}{10}$ лет; а перигей совершает оборот, называемый обращением апсид Луны, за $3232^{\text{дня}} 13^{\text{ч}} 48^{\text{м}} 29^{\text{с}} \cdot 6$, или чуть более чем за девять лет, несмотря на то, что его движение иногда обратное, а иногда прямое: но такова разница между возмущающей энергией солнца и всех планет, вместе взятых, такова, что требуется не менее 109 830 лет, чтобы большая ось земной орбиты проделала то же самое, перемещаясь со скоростью $11'' \cdot 8$ в год. Форма земли не оказывает заметного влияния ни на лунные узлы, ни на апсиды. Очевидно, что те же самые вековые колебания, которые изменяют расстояние Солнца от земли и вызывают ускорение среднего движения Луны, должны влиять на узлы и перигей. Следовательно, как из теории, так и из наблюдений, следует, что оба этих элемента подвержены вековому неравенству, возникающему из-за изменения эксцентриситета земной орбиты, которое связывает их с ускорением, так что оба элемента замедляются, когда ожидается среднее движение. Вековые изменения этих трех элементов находятся в соотношении чисел 3, 0·735 и 1; отсюда три движения Луны относительно Солнца, ее перигея и ее узлов постоянно ускоряются, и их вековые уравнения имеют вид чисел 1, 4·702 и 0·612.

Сравнение древних затмений, наблюдавшихся арабами, греками и халдеями, какими бы несовершенными они ни были, с современными наблюдениями подтверждает эти результаты анализа. В будущие эпохи возникнет это огромное неравенство, которое в какой-то самый отдаленный период достигнет многих границ (N. 108). Они, действительно, периодичны; но кто скажет их периодичность? Должны пройти миллионы лет, прежде чем завершится этот великий цикл.

Луна находится так близко, что избыток вещества на экваторе земли вызывает периодические колебания ее долготы, а также то замечательное неравенство в ее широте, которое уже упоминалось как нутация лунной орбиты, которая уменьшает ее наклон к эклиптике, когда восходящий узел Луны совпадает с весенним равноденствием, и увеличивает его, когда этот узел совпадает с осенним равноденствием. Поскольку причина должна быть пропорциональна следствию, сравнение этих неравенств, вычисленных из теории, с таким же неравенством, полученным из наблюдений, показывает, что сжатие земного сфероида, или отношение разницы между полярным и экваториальным диаметрами, к диаметру экватора, составляет $\frac{1}{305.05}$. Аналитически доказано, что если бы текучая масса однородного вещества, частицы которого притягиваются друг к другу обратно пропорционально квадратам расстояния, вращалась вокруг оси, как это делает земля, она приняла бы форму сфероида, сжатие которого составляет $\frac{1}{230}$. Поскольку это не так, земля не может быть однородной, а должна уменьшаться в плотности от своего центра к окружности. Таким образом, лунные затмения показывают, что земля круглая; и ее неравномерности определяют не только форму, но даже внутреннюю структуру нашей планеты; результаты анализа, которые невозможно было предвидеть. Аналогичные неравенства в движениях спутников Юпитера доказывают, что его масса неоднородна и что его сжатие составляет $\frac{1}{13.8}$. Его экваториальный диаметр превышает полярный примерно на 6000 миль.

Фазы (N. 109) Луны, которые изменяются от тонкого серебристого полумесяца вскоре после соединения до полного круглого диска света в оппозиции, уменьшаются на те же градусы, пока луна снова не будет окутана утренними лучами солнца. Эти изменения регулируют повторение затмений. Солнечные затмения могут происходить только в сочетании, когда луна, проходя между землей и солнцем, перехватывает его свет. Те, что связаны с Луной, вызваны тем, что земля вмещивается между солнцем и луной, когда они находятся в оппозиции. Поскольку земля непрозрачна и имеет почти сферическую форму, она отбрасывает коническую тень на противоположную солнцу сторону Луны, ось которой проходит через центры солнца и земли (N. 110). Длина тени заканчивается в точке, где видимые диаметры (N. 111) солнца и земли были бы одинаковыми. Когда луна находится в оппозиции и на среднем расстоянии от нее, диаметр солнца будет виден из ее центра под углом $1918'' \cdot 1$. Изображение земли появилось бы под углом $6908'' \cdot 3$. Таким образом, длина тени по меньшей мере в три с половиной раза больше расстояния Луны от земли, а ширина тени там, где ее пересекает Луна, составляет около восьми третей лунного диаметра. Следовательно, Луна затмевалась бы каждый раз, когда она находится в оппозиции, если бы не наклон ее орбиты к плоскости эклиптики, вследствие чего луна, находясь в оппозиции, находится либо выше, либо ниже конуса земной тени, за исключением случаев, когда она находится в своих узлах или вблизи них. Ее положение по отношению к ним обуславливает все разновидности лунных затмений. Каждая точка поверхности Луны последовательно теряет свет различных частей солнечного диска, прежде чем затмиться. Поэтому ее яркость постепенно уменьшается, прежде чем она погрузится в тень земли. Ширина пространства, занимаемого полутенью (N. 112), равна видимому диаметру

солнца, если смотреть из центра Луны. Средняя продолжительность обращения солнца относительно узла лунной орбиты равна продолжительности синодического обращения (N. 113) Луны от 223 до 19. Таким образом, по истечении 223 лунных месяцев солнце и луна вернулись бы в прежнее относительное положение относительно узла лунной орбиты, и, следовательно, затмения повторялись бы в том же порядке, если бы периоды не изменялись из-за неравномерностей в движении солнца и Луны. Во время лунных затмений наша атмосфера преломляет солнечные лучи, которые проходят через нее по всему кругу, в конус земной тени. И поскольку горизонтальное преломление (П. 114) или изгиб лучей превышает половину суммы полудиаметров солнца и Луны, разделенных на их взаимное расстояние, центр лунного диска, предположительно находящийся на оси тени, принимал бы лучи из одной и той же точки солнца со всех сторон земли; так что он был бы более освещен, чем в полнолуние, если бы большая часть света не задерживалась и не поглощалась атмосферой. Зарегистрированы случаи, когда этот слабый свет полностью поглощался, так что луна полностью исчезала во время своих затмений.

Солнце затмевается, когда луна перехватывает его лучи (N. 115). Луна, хотя и несравненно меньше солнца, находится настолько ближе к земле, что ее видимый диаметр лишь немногим отличается от его диаметра, но оба они подвержены таким изменениям, что поочередно превосходят друг друга. Если бы глаз зрителя находился на одной прямой линии с центрами солнца и Луны, он увидел бы солнечное затмение. Если бы видимый диаметр Луны превышал диаметр солнца, затмение было бы полным. Если бы оно было меньше, наблюдатель увидел бы кольцо света вокруг диска Луны, и затмение было бы кольцевидным, как это было 17 мая 1836 года и 15 марта 1858 года. Если центр луны не будет находиться на прямой линии, соединяющей центры солнца и глаза наблюдателя, луна может затмить только часть солнца. Следовательно, разница в расстояниях солнца и Луны от центра земли и Луны от ее узла в момент соединения вызывает большие различия в солнечных затмениях. Кроме того, высота луны над горизонтом изменяет ее видимый диаметр и может увеличивать или уменьшать видимые расстояния от центров солнца и луны, так что солнечное затмение может произойти для жителей одной страны, а не для жителей другой. В этом отношении солнечные затмения отличаются от лунных, которые одинаковы для каждой части земли, где луна находится над горизонтом. Во время солнечных затмений свет, отраженный атмосферой, уменьшает создаваемую ими темноту. Даже во время полных затмений верхняя часть атмосферы освещается частью солнечного диска и отражает его лучи на землю. Весь диск молодой Луны часто виден в отражении от атмосферы. Во время затмения 19 марта 1849 года пятна на лунном диске были отчетливо видны, а во время затмения 1856 года Луна была похожа на красивый розовый шар, парящий в эфире: этот цвет обусловлен преломлением солнечного света, проходящего через атмосферу Земли.

При полных солнечных затмениях тонкая светящаяся дуга, которая видна в течение нескольких секунд перед тем, как солнце исчезнет, а также перед тем, как оно появится снова, напоминает нитку жемчуга, окружающую темный край Луны; это вызвано солнечными лучами, проходящими между вершинами лунных гор: аналогично это происходит при кольцевых затмениях.

Совершенно беспрецедентное явление было замечено во время полного солнечного затмения, которое произошло 8 июля 1842 года. Луна была похожа на черное пятно на небе, окруженное слабым беловатым светом или короной шириной примерно в восьмую часть диаметра Луны,

которая, как предполагается, представляет собой солнечную атмосферу, ставшую видимой благодаря вмешательству Луны. В этой белесой короне появились три розовых пламени, похожих на зубья пилы. Подобное пламя было также замечено в белой короне полного затмения, имевшего место в 1851 году, и длинная розовая цепь того, что казалось зубчатыми горами или сьеррами, объединенными у основания красной полосой, казалось, была поднята в корону миражом; но нет никаких сомнений в том, что корона и красные явления принадлежат солнцу. Эта красная цепочка была такой яркой, что мистер Эйри увидел, как она освещает северный горизонт красным светом по азимуту 90° . М. Фэй приписывает розовые выпуклости строению солнца, которое, подобно сэру Уильяму Гершелю, он представляет себе как раскаленный шар, состоящий из двух концентрических частей с очень неодинаковой плотностью, внутренняя часть представляет собой темную сферическую массу, внешняя - очень обширную атмосферу, на определенной высоте в которой находится слой светящихся облаков, составляющих фотосферу солнца; над этим возвышается его настоящая атмосфера, так что внутренняя часть представляет собой темную сферическую массу. редки настолько, что видны только в виде белого ореола или короны во время полных и кольцевых затмений. М. Фэй полагает, что из центральной массы выделяются газовые извержения, которые образуют пятна, рассеивая и частично гася светящиеся облака, а затем поднимаясь в разреженную атмосферу над ними, они появляются в виде розовых выпуклостей во время кольцевых затмений. По его оценкам, объем этих паров иногда превышает земной в тысячу или даже две тысячи раз. Сэр Уильям Гершель объяснил появление пятен случайными отверстиями в светящемся покрытии, которое, по-видимому, постоянно находится в движении; но какова бы ни была причина появления пятен, она, безусловно, периодическая. Белая корона и бусинки были замечены во время затмения 15 марта 1858 года, но розовых проявлений не было, по крайней мере, в Англии; но небо было затянуто облаками, так что затмение было видно только через определенные промежутки времени.

Планеты иногда затмевают друг друга. 17 мая 1737 года Меркурий был затмен Венерой вблизи их нижнего соединения; Марс прошел над Юпитером 9 января 1591 года; а 30 октября 1825 года луна затмила Сатурн. Эти явления, однако, случаются очень редко, потому что все планеты или даже их часть очень редко можно увидеть одновременно, то есть в одной и той же части небес в одно и то же время. Более чем за 2500 лет до нашей эры пять великих планет находились в соединении. 15 сентября 1186 года подобное соединение произошло между созвездиями Девы и Весов; а в 1801 году Луна, Юпитер, Сатурн и Венера объединились в сердце Льва. Эти соединения настолько редки, что Лаланд вычислил, что эпохи одновременных соединений шести больших планет разделяют более семнадцати миллионов миллионов лет.

Движение Луны в настоящее время стало иметь большее значение для навигатора и географа, чем движение любого другого небесного тела, благодаря точности, с которой земная долгота определяется по затенению звезд и расстояниям до луны. Вследствие ретроградного движения узлов лунной орбиты со скоростью $3' 10'' \cdot 64$ в день эти точки совершают кругосветное путешествие по небу чуть более чем за восемнадцать с половиной лет. Это заставляет Луну двигаться вокруг земли по своего рода спирали, так что ее диск в разное время проходит над каждой точкой небесной зоны, простирающейся более чем на $5^\circ 9'$ с каждой стороны эклиптики. Следовательно, очевидно, что в тот или иной момент она должна затмить каждую звезду и планету, с которыми она встречается в этом пространстве. Следовательно, затмение звезды луной - явление частое. Луна, кажется, проходит над звездой, которая почти мгновенно исчезает с одной стороны своего диска и через короткое время так же внезапно появляется с

другой. Лунное расстояние - это наблюдаемое расстояние Луны от солнца или от определенной звезды или планеты в любой момент времени. Лунная теория доведена до такого совершенства, что времена этих явлений, наблюдаемые под любым меридианом, при сравнении с временами, вычисленными для Гринвича и приведенными в Морском альманахе, дают долготу наблюдателя с точностью до нескольких миль (N. 95.)

Из лунной теории известно среднее расстояние Солнца от земли, а следовательно, и все размеры солнечной системы; ибо силы, удерживающие землю и Луну на их орбитах, соответственно пропорциональны радиусам-векторам земли и Луны, каждый из которых делен на квадрат его периодического времени. И, поскольку лунная теория дает соотношение сил, получается соотношение расстояний солнца и Луны от земли. Следовательно, получается, что среднее расстояние Солнца от земли составляет $399 \cdot 7$, или почти в 400 раз больше, чем у Луны. Метод определения абсолютных расстояний небесных тел в милях фактически аналогичен методу, используемому при измерении расстояний до земных объектов. По концам известного основания (N. 116) измеряются углы, которые образуют с ним визуальные лучи от объекта; их сумма, вычитаемая из двух прямых углов, дает угол, противоположный основанию; следовательно, с помощью тригонометрии можно вычислить все углы и стороны треугольника — следовательно, определяется расстояние до объекта. Угол, под которым основание треугольника видно с объекта, является параллаксом этого объекта. Очевидно, что он увеличивается и уменьшается с расстоянием. Следовательно, основание должно быть действительно очень большим, чтобы его можно было увидеть с небесных тел. Сам земной шар, размеры которого получены путем фактического измерения, представляет собой стандарт мер, с которым мы сравниваем расстояния, массы, плотности и объемы Солнца и планет.

РАЗДЕЛ VI.

Форма Земли и планет—Фигура однородного вращающегося сфероида—Фигура сфероида переменной плотности—Фигура Земли, предполагающая, что это эллипсоид вращения—Измерение градуса Меридиана—Сжатие и размер Земли по градусам Меридиана—Фигура Земли по маятнику.

Теоретическое исследование формы земли и планет настолько сложно, что ни геометрия Ньютона, ни утонченный анализ Ла Плейса не достигли большего, чем приближение. Решение этой сложной проблемы было достигнуто нашим выдающимся соотечественником мистером Айвори. Расследование проводилось последовательно, начиная с простого дела, а затем переходя к более сложному. Но в целом силы, вызывающие вращение земли и планет, опущены, потому что, действуя одинаково на все частицы, они не нарушают их взаимных отношений. Текучая масса однородной плотности, частицы которой взаимно притягиваются друг к другу, в состоянии покоя примет форму сферы. Но если сфера начнет вращаться, каждая частица опишет окружность (N. 117), центр которой находится на оси вращения. Плоскости всех этих окружностей будут параллельны друг другу и перпендикулярны оси, и частицы будут иметь тенденцию отлетать от этой оси вследствие центробежной силы, возникающей из-за скорости

вращения. Сила тяжести повсюду перпендикулярна поверхности (N. 118) и стремится внутрь жидкой массы; тогда как центробежная сила действует перпендикулярно оси вращения и направлена наружу. И поскольку его интенсивность уменьшается с удалением от оси вращения, она уменьшается от экватора к полюсам, где и прекращается. Теперь ясно, что эти две силы находятся в прямом противостоянии друг другу только на экваторе, и что сила тяжести там уменьшается за счет всего действия центробежной силы, тогда как в любой другой части жидкости центробежная сила разделяется на две части, одна из которых, будучи перпендикулярной поверхности, уменьшает силу тяжести; но другая, находясь по касательной к поверхности, подталкивает частицы к экватору, где они накапливаются до тех пор, пока их количество не компенсирует уменьшение силы тяжести, из-за чего масса выпячивается на экваторе и становится сплюсненной на полюсах. Таким образом, оказывается, что влияние центробежной силы наиболее сильно на экваторе, не только потому, что там она на самом деле больше, чем где-либо еще, но и потому, что весь ее эффект используется для уменьшения силы тяжести, тогда как в любой другой точке текучей массы это используется только частично. По обоим этим причинам она постепенно уменьшается к полюсам, где и прекращается. Напротив, сила тяжести наименьшая на экваторе, потому что частицы находятся дальше от центра массы, и увеличивается по направлению к полюсам, где она наибольшая. Следовательно, очевидно, что, поскольку центробежная сила намного меньше силы тяжести, гравитация, которая является разницей между ними, наименьшая на экваторе и постоянно увеличивается по направлению к полюсам, где она максимальна. На основе этих принципов сэр Исаак Ньютон доказал, что однородная жидкая масса (N. 119) при вращении принимает форму эллипсоида вращения (N. 120), сжатие которого составляет $\frac{1}{230}$. Такой, однако, не может быть форма земли, потому что слои увеличиваются в плотности по направлению к центру. Лунные неравенства также доказывают, что земля устроена именно так; следовательно, требовалось учитывать, что жидкая масса имеет переменную плотность. Включая это условие, было обнаружено, что масса при вращении все равно принимала бы форму эллипсоида вращения (N. 120); что частицы одинаковой плотности располагались бы концентрическими эллиптическими слоями (N. 121), причем наиболее плотные находились бы в центре; но что сжатие или сплющивание было бы меньшим, чем в случае однородной жидкости. Сжатие еще меньше, когда масса рассматривается как, как это и есть на самом деле, твердое ядро, плотность которого регулярно уменьшается от центра к поверхности и частично покрыто океаном, потому что твердые части благодаря своему сцеплению почти уничтожают ту часть центробежной силы, которая придает частицам тенденцию накапливаться на экваторе, хотя и не полностью; в противном случае море, благодаря превосходной подвижности его частиц, текло бы к экватору и оставляло полюса сухими. Кроме того, хорошо известно, что континенты на экваторе более возвышенны, чем в более высоких широтах. Для равновесия океана также необходимо, чтобы его плотность была меньше средней плотности земли, в противном случае континенты были бы постоянно подвержены затоплениям в результате штормов и других причин. В целом, из теории следует, что горизонтальная линия, проходящая вокруг земли через оба полюса, должна быть почти эллипсом, большая ось которого находится в плоскости экватора, а малая ось совпадает с осью вращения земли (N. 122). На сфероиде, слои которого имеют эллиптическую форму, легко показать, что увеличение длины радиусов (N. 123), уменьшение силы тяжести и увеличение длины дуг меридиана, соответствующих углам в один градус от полюсов к экватору, пропорциональны квадрату косинуса широты (N. 124). Эти величины настолько связаны с эллиптичностью сфероида, что общее увеличение длины радиусов равно сжатию или сплющиванию, а общее уменьшение длины дуг равно сжатию, умноженному в три раза на

длину дуги в один градус на экваторе. Следовательно, путем измерения меридиональной кривизны земли становится известным сжатие и, следовательно, его величина. Это, действительно, предполагает, что земля представляет собой эллипсоид вращения; но фактические измерения земного шара покажут, насколько он соответствует этому твердому телу по форме и строению.

Русла больших рек, которые в целом в значительной степени судоходны, доказывают, что кривизна суши лишь немногим отличается от кривизны океана; и, поскольку высоты гор и континентов незначительны по сравнению с величиной земли, считается, что ее форма определяется поверхностью в каждой точке, перпендикулярной направлению силы тяжести или отвесной линии, и является такой же, какую имело бы море, если бы оно продолжалось по всей земле под континентами. Такова цифра, которая была измерена следующим образом:—

Земной меридиан - это линия, проходящая через оба полюса, все точки которых имеют свой полдень одновременно. Если бы были известны длины и кривизны различных меридианов, можно было бы определить форму земли. Но длины в один градус достаточно, чтобы дать фигуру земли, если ее измерить на разных меридианах и в самых разных широтах. Ибо, если бы земля была сферой, все ступени были бы одинаковой длины; но если нет, то длины ступеней были бы больше, точно пропорционально тому, насколько меньше кривизна. Таким образом, сравнение длины градуса в разных частях земной поверхности позволит определить его размер и форму.

Дугу меридиана можно измерить, определив широту его крайних точек с помощью астрономических наблюдений (N. 125), а затем измерив расстояние между ними в футах или морских саженях. Расстояние, определенное таким образом на поверхности земли, разделенное на градусы и части градуса, содержащиеся в разнице широт, даст точную длину в один градус, причем разность широт представляет собой угол, заключенный между вертикалями на концах дуги. Это было бы легко сделать, если бы расстояние было свободным и на одном уровне с морем. Но из-за бесчисленных препятствий на поверхности земли необходимо соединить крайние точки дуги серией треугольников (П. 126), стороны и углы которых либо измеряются, либо вычисляются, так что длина дуги определяется с помощью очень трудоемких вычислений. Из-за неровностей поверхности каждый треугольник находится в другой плоскости. Следовательно, путем вычислений они должны быть сведены к тому, какими они были бы, если бы были измерены на поверхности моря. И, поскольку земля в этом случае может считаться сферической, они требуют коррекции, чтобы свести их к сферическим треугольникам. Офицеры, проводившие тригонометрическую съемку, дважды измерив 500 футов базы в Ирландии, обнаружили, что разница в двух измерениях не составляла 800-й доли дюйма; а в Генеральной топографической съемке Великобритании были измерены пять баз длиной от 5 до 7 миль, и некоторые из них находились на расстоянии 400 миль друг от друга, однако при соединении серией треугольников измеренная и вычисленная длины отличались не более чем на 3 дюйма, что является беспрецедентной степенью точности; но такова точность, с которой выполняются эти операции.

Дуги меридиана были измерены на различных широтах в обоих полушариях, а также дуги, перпендикулярные меридиану. Из этих измерений следует, что длина градуса увеличивается от экватора к полюсам почти пропорционально квадрату синуса широты (N. 127). Следовательно, выпуклость земли уменьшается от экватора к полюсам.

Если бы земля была эллипсоидом вращения, меридианы представляли бы собой эллипсы, меньшие оси которых совпадали бы с осью вращения, и все градусы, измеренные между полюсом и экватором, при сложении два и два давали бы одинаковое сжатие. Однако это далеко не так. Вряд ли какие-либо измерения дают точно такие же результаты, в основном из-за местных особенностей, из-за которых отвес отклоняется от вертикали. Близость гор создает такой эффект. Одна из наиболее примечательных аномалий такого рода наблюдалась в некоторых местностях северной Италии, где действие какого-то плотного подземного вещества приводит к отклонению линии отвеса в семь или восемь раз больше, чем это было при отклонении от точки притяжения Чимборасо, по наблюдениям Бугера, при измерении градуса меридиана на экваторе. Вследствие этого местного притяжения градусы меридиана в этой части Италии, по-видимому, увеличиваются к экватору на небольшом пространстве, а не уменьшаются, как если бы земля была вытянута к полюсам, а не сплюснута.

Встречается много других расхождений, но из среднего значения пяти основных измерений дуг в Перу, Индии, Франции, Англии и Лапландии м-р Айвори вывел, что фигура, наиболее близкая к этому закону, представляет собой эллипсоид вращения, экваториальный радиус которого равен $3962 \cdot 824$ милям, а полярный - $3949 \cdot 585$ милям. Разница, или $13 \cdot 239$ миль, деленная на экваториальный радиус, составляет $\frac{1}{299}$ почти^[3] (N. 128). Эта доля называется сжатием земли и не сильно отличается от той, которая дается лунными неравенствами. С тех пор как были определены предыдущие величины, дуги меридиана были измерены в различных частях земного шара, из которых наиболее обширными являются русская дуга $25^{\circ} 20'$ с.ш. между Ледниковым морем и Дунаем, проведенная под руководством М. Струве, и индийская дуга, расширенная до $21^{\circ} 21'$ с.ш. полковником Эверестом. Сжатие, выведенное Бесселем из суммы десяти дуг, составляет $298\frac{3}{4}$, экваториальный радиус $3962 \cdot 802$ и полярный $3949 \cdot 554$ мили, в то время как м-р Эйри приходит к почти идентичному результату ($3962 \cdot 824$, $3949 \cdot 585$ и $298\frac{83}{100}$) из рассмотрения всех дуг, измеренных до 1831 года, включая великую индийскую и русскую. Если мы предположим, что земля представляет собой сферу, то длина градуса меридиана составит $69\frac{14}{100}$ английских миль. Следовательно, 360 градусов, или вся экваториальная окружность земного шара, равна $24\,899$ английским милям. Эратосфен, умерший за 194 года до христианской эры, был первым, кто дал приблизительное значение окружности земли путем измерения дуги между Александрией и Сиеной.

Существует другой метод определения формы земли, полностью отличный от предыдущего, зависящий исключительно от увеличения силы тяжести от экватора к полюсам. Сила притяжения в любом месте измеряется падением тяжелого тела в течение первой секунды его падения. А интенсивность центробежной силы измеряется отклонением любой точки от касательной за секунду. Ибо, поскольку центробежная сила уравнивает притяжение земли, она является точной мерой силы притяжения. Если бы притяжение прекратилось, тело на поверхности земли отлетело бы по касательной под действием центробежной силы, вместо того чтобы изгибаться по кругу вращения. Следовательно, отклонение окружности от касательной за секунду измеряет интенсивность земного притяжения и равно заданному синусу дуги, описанной за это время, величине, которую легко определить по известной скорости вращения Земли. Отсюда было обнаружено, что на экваторе центробежная сила равна $\frac{1}{289}$ -й части силы тяжести. Итак, анализом доказано, что, каким бы ни было строение земли и планет, если интенсивность тяготения на экваторе принять равной единице, сумма сжатия эллипсоида и всего увеличения силы тяжести от экватора к полюсу равна пяти половинам отношения центробежной силы к силе тяжести на экваторе. Эта величина относительно земли равна $\frac{5}{2}$ из

$\frac{1}{289}$ или $\frac{1}{115.2}$. Следовательно, сжатие земли равно $\frac{1}{115.2}$, уменьшенное на полное увеличение силы тяжести. Так что его форма будет известна, если все увеличение силы тяжести от экватора к полюсу может быть определено экспериментальным путем. Это было достигнуто с помощью метода, основанного на следующих соображениях: — Если бы земля была однородной сферой без вращения, ее притяжение к телам на ее поверхности было бы везде одинаковым. Если она эллиптическая и имеет переменную плотность, то теоретически сила тяжести должна увеличиваться от экватора к полюсу как единица *плюс* постоянная величина, умноженная на квадрат синуса широты (N. 127). Но для вращающегося сфероида центробежная сила изменяется, по законам механики, как квадрат синуса широты, от экватора, где она наибольшая, до полюса, где она обращается в нуль. И поскольку это приводит к отрыву тел от поверхности, это на небольшую величину уменьшает силу тяжести. Следовательно, под действием силы тяжести, которая представляет собой разницу этих двух сил, падение тел должно ускоряться от экватора к полюсам пропорционально квадрату синуса широты; и вес одного и того же тела должен увеличиваться в этом отношении. Это прямо доказывается колебаниями маятника (N. 129), который на самом деле является падающим телом; ибо, если ускорить падение тел, колебания будут более быстрыми: следовательно, для того, чтобы они всегда могли выполняться в одно и то же время, длина маятника должна быть изменена. Многочисленными и тщательными экспериментами доказано, что маятник, который совершает в среднем 86 400 колебаний в день на экваторе, будет делать то же самое в любой точке земной поверхности, если постепенно увеличивать его длину к полюсу, равную квадрату синуса широты.

Из их среднего значения следует, что полное уменьшение силы тяжести от полюсов к экватору составляет 0.0051449, что, вычитаемое из $\frac{1}{115.2}$, показывает, что сжатие земного сфероида составляет около $\frac{1}{285.26}$. Это значение было выведено покойным мистером Бейли, президентом Астрономического общества, который уделял много внимания этому предмету; в то же время можно заметить, что никакие две серии экспериментов с маятником не дают одинакового результата, вероятно, из-за местных особенностей. Сжатие, полученное этим методом, не сильно отличается ни от сжатия, получаемого с помощью лунных неравенств, ни от дуг в направлении меридиана и перпендикулярных к нему. Близкое совпадение этих трех величин, выведенных столь совершенно независимыми друг от друга методами, показывает, что взаимные тенденции центров небесных тел друг к другу и притяжение Земли к телам, находящимся на ее поверхности, являются результатом взаимного притяжения всех их частиц. Можно добавить еще одно доказательство. Нутация земной оси и прецессия точек равноденствий (N. 146) вызваны действием солнца и Луны на выпуклую материю на экваторе Земли. И, хотя эти неравенства не дают абсолютного значения земного сжатия, они показывают, что выражающая его доля находится в пределах $\frac{1}{279}$ и $\frac{1}{573}$.

Можно было бы ожидать, что в результате каждого из них должно быть получено одинаковое сжатие, если бы различные методы наблюдения могли быть выполнены без ошибок. Это, однако, не так; ибо после учета всех причин ошибки обнаруживаются такие расхождения как в градусах меридиана, так и в длине маятника, которые показывают, что фигура земли очень сложная. Но они настолько малы по сравнению с общими результатами, что ими можно пренебречь. Сжатие, выведенное из среднего значения целого, по-видимому, не сильно отличается от $\frac{1}{300}$; то, что дает лунная теория, имеет то преимущество, что оно не зависит от неровностей земной поверхности и местных достопримечательностей. Регулярность, с которой наблюдаемое изменение длины маятника следует закону квадрата синуса широты, доказывает,

что слои имеют эллиптическую форму и симметрично расположены вокруг центра тяжести земли, что дает веское основание предполагать их первоначальную текучесть. Примечательно, как мало влияния оказывает море на изменение длин дуг меридиана или на гравитацию; оно также не сильно влияет на неравномерность Луны, поскольку его плотность составляет всего около пятой части средней плотности Земли. Ибо, если бы земля стала жидкой после удаления от океана, она приняла бы форму эллипсоида вращения, сжатие которого составляет $\frac{1}{304.8}$, что очень мало отличается от того, которое определено наблюдением, и доказывает не только то, что плотность океана незначительна, но и то, что его средняя глубина очень мала. На дне моря есть глубокие впадины, но его средняя глубина, вероятно, ненамного превышает среднюю высоту континентов и островов над его уровнем. По этой причине огромные участки суши могут быть пустынями или затоплены океаном, как, по-видимому, действительно имело место, без каких-либо значительных изменений в форме земного сфероида. Изменение длины маятника было впервые замечено Рихтером в 1672 году при наблюдении за прохождением неподвижных звезд через меридиан в Кайенне, примерно в пяти градусах к северу от экватора. Он обнаружил, что его часы отстают со скоростью $2^m 28^s$ в день, что побудило его определить длину секундного хода маятника на этой широте; и, повторив эксперименты по возвращении в Европу, он обнаружил, что секундный маятник в Париже более чем на двенадцатую дюйма длиннее, чем в Кайенне. После определения формы и размера земли устанавливается стандарт измерения, с которым можно сравнивать размеры Солнечной системы.

РАЗДЕЛ VII.

Параллакс—Лунный Параллакс, обнаруженный при непосредственном наблюдении—
Солнечный Параллакс, вычисленный по прохождению Венеры—Расстояние Солнца от Земли—
Годовой Параллакс—Расстояние неподвижных Звезд.

Параллакс небесного тела - это угол, под которым был бы виден радиус земли, если смотреть из центра этого тела; он дает возможность определить расстояния до солнца, луны и планет (N. 130). Когда луна находится над горизонтом в момент восхода или захода, предположим, что линии проведены от ее центра к наблюдателю и к центру земли: они образовали бы прямоугольный треугольник с земным радиусом, который имеет известную длину; и поскольку параллакс, или угол у Луны, может быть измерен, указаны все углы и одна сторона; на основании чего может быть вычислено расстояние Луны от центра земли. Параллакс объекта может быть обнаружен, если два наблюдателя под одним и тем же меридианом, но на очень большом расстоянии друг от друга, наблюдают его зенитные расстояния в один и тот же день в момент его прохождения над меридианом. С помощью таких одновременных наблюдений на мысе Доброй Надежды и в Берлине было обнаружено, что средний горизонтальный параллакс Луны равен $3459''$, откуда среднее расстояние до Луны примерно в шестьдесят раз превышает наибольший радиус земли, или почти 237 608 миль.^[4] Поскольку параллакс равен радиусу Земли, деленному на расстояние Луны, он изменяется в зависимости от расстояния Луны от земли под той же параллелью широты и доказывает эллиптичность лунной орбиты. Когда Луна

находится на своем среднем расстоянии, оно изменяется в зависимости от земных радиусов, таким образом показывая, что земля не является сферой (N. 131).

Хотя описанный метод достаточно точен для определения параллакса объекта, находящегося так близко, как Луна, он не подходит для солнца, которое настолько удалено, что малейшая ошибка в наблюдении привела бы к ложному результату. Но эта трудность устраняется транзитами Венеры. Когда эта планета находится в своих узлах (N. 132) или в пределах $1\frac{1}{4}^\circ$ от них, то есть в плоскости эклиптики или почти в ней, иногда можно увидеть, как она проходит над солнцем подобно черному пятну. Если бы мы могли представить, что солнце и Венера не имеют параллакса, линия, описываемая планетой на ее диске, и продолжительность прохождения были бы одинаковыми для всех жителей Земли. Но, поскольку полудиаметр земли имеет ощутимую величину, если смотреть из центра Солнца, линия, описываемая планетой при ее прохождении по диску, кажется ближе к ее центру или дальше от него, в зависимости от положения наблюдателя; так что продолжительность прохождения варьируется в зависимости от различных точек земной поверхности, с которых оно наблюдается (N. 133). Эта разница во времени, являющаяся полностью следствием параллакса, дает возможность вычислить ее по известным движениям земли и Венеры тем же методом, что и для солнечных затмений. Фактически, соотношение расстояний Венеры и солнца от земли в момент прохождения известно из теории их эллиптического движения. Следовательно, дано отношение параллаксов этих двух тел, обратно пропорциональное их расстояниям; и поскольку прохождение дает разницу параллаксов, получается отношение параллаксов солнца. В 1769 году параллакс солнца был определен по наблюдениям за прохождением Венеры, сделанным в Вардусе в Лапландии и на Таити в Южном море. Последнее наблюдение было целью первого путешествия Кука. Переход длился около шести часов на Таити, а разница в продолжительности на этих двух станциях составляла восемь минут; таким образом, было установлено, что горизонтальный параллакс солнца равен $8'' \cdot 72$. Но по другим соображениям профессор Энке сократил его до $8'' \cdot 5776$, из чего среднее расстояние до солнца, по-видимому, составляет около девяноста пяти миллионов миль. Это подтверждается неравенством в движении Луны, которое зависит от параллакса солнца и которое при сравнении с наблюдениями дает $8'' \cdot 6$ для солнечного параллакса. Прохождение Венеры в 1874 и 1882 годах будет неблагоприятным для определения точности солнечного параллакса, и никакого другого прохождения этой планеты не произойдет до двадцать первого века; но тем временем можно будет прибегнуть к противодействию Марса.

Параллакс Венеры определяется по ее транзитам; параллакс Марса определяется прямым наблюдением, и обнаружено, что он почти вдвое больше, чем у Солнца, когда планета находится в оппозиции. Следовательно, расстояние этих двух планет от земли известно в земных радиусах, следовательно, их средние расстояния от солнца могут быть вычислены; и поскольку соотношения расстояний планет от солнца известны по закону Кеплера, поскольку квадраты периодов обращения любых двух планет равны кубам их средних расстояний от солнца, их абсолютные расстояния в милях легко найти (N. 134). Этот закон весьма примечателен тем, что объединяет таким образом все тела системы и распространяется как на спутники, так и на планеты.

Насколько бы далеко ни казалась земля от солнца, Уран находится не менее чем в девятнадцати, а Нептун в тридцать раз дальше. Находясь на границе системы, солнце должно казаться с Урана ненамного больше, чем Венера для нас, а с Нептуна - звездой пятой величины. Земля не может быть видна даже в телескоп для таких удаленных тел, как Уран или Нептун. И все

же человек, обитатель Земли, парит над обширными размерами системы, к которой принадлежит его планета, и принимает диаметр ее орбиты за основание треугольника, вершина которого простирается до звезд.

какой бы возвышенной ни была идея, это предположение оказывается неэффективным, за исключением очень немногих случаев; поскольку видимые места неподвижных звезд ощутимо не меняются в результате годового обращения Земли. С помощью усовершенствований современной астрономии и самых совершенных инструментов ощутимый параллакс был обнаружен только у очень немногих из этих удаленных солнц. α Центавра имеет параллакс в одну секунду пространства, следовательно, это ближайшая известная звезда, и все же она находится более чем в двести тысяч раз дальше от нас, чем солнце. На таком расстоянии не только земная орбита сжимается до точки, но и вся солнечная система, видимая в фокус самого мощного телескопа, может затмиться толщиной паутинной нити. Свету, летящему со скоростью 190 000 миль в секунду, потребовалось бы более трех лет, чтобы преодолеть это пространство. Следовательно, одна из ближайших звезд могла зажечься или погаснуть более чем за три года до того, как мы узнали о столь мощном событии. Но это расстояние должно быть небольшим по сравнению с расстоянием до самого удаленного из тел, видимых на небесах. Неподвижные звезды, несомненно, светятся подобно солнцу: следовательно, вероятно, что они находятся друг к другу не ближе, чем солнце к ближайшей из них. В млечном пути и других звездных туманностях некоторые из звезд, которые кажутся нам близкими к другим, могут находиться далеко позади них в безграничной глубине космоса; более того, рационально предположить, что они расположены во много тысяч раз дальше. Следовательно, свету потребовались бы тысячи лет, чтобы прийти на землю от тех мириад солнц, среди которых наше собственное является всего лишь “отдаленным спутником”.

РАЗДЕЛ VIII.

Массы планет, у которых нет спутников, определяются по их возмущениям—Массы других планет, полученные по движениям их Спутников—Массы Солнца, Земли, Юпитера и Солнечной системы—Масса Луны—Реальные диаметры планет, как получены—Размер Солнца, Плотности Небесных тел—Формирование астрономических таблиц—Необходимые данные и способы их получения.

Массы таких планет, у которых нет спутников, известны путем сравнения неравенств, которые они вызывают в движениях земли и друг друга, определенных теоретически, с теми же неравенствами, полученными наблюдением; ибо возмущающая причина обязательно должна быть пропорциональна производимому ею эффекту. Массы самих спутников также можно сравнить с массой Солнца по их возмущениям. Таким образом, из сравнения огромного числа наблюдений с теорией Ла Плейса о спутниках Юпитера выясняется, что масса солнца не менее чем в 65 000 000 раз больше, чем у наименьшего из этих спутников. Но, поскольку количества вещества на любых двух первичных планетах прямо пропорциональны кубам средних расстояний, на которых вращаются их спутники, и обратно пропорциональны квадратам их

периодов обращения (N. 135), массу Солнца и любых планет, имеющих спутники, можно сравнить с массой Земли. Таким образом, подсчитано, что масса Солнца в 354 936 раз больше массы Земли; отсюда большие возмущения Луны и быстрое движение перигея и узлов ее орбиты (N. 136). Профессор Эйри обнаружил, что даже Юпитер, самая большая из планет, в 1047·871 раз меньше Солнца; и, действительно, масса всей солнечной системы составляет не более 1054·4-й части массы Солнца. Таким образом, масса спутников очень мала по сравнению с массой их основного спутника. Масса Луны определяется из нескольких источников — по ее воздействию на земной экватор, которое вызывает нутацию оси вращения; по ее горизонтальному параллаксу; по неравенству, которое она создает в долготе солнца; и по ее воздействию на приливы. Три первые величины, вычисленные из теории и сравненные с их наблюдаемыми значениями, дают ее массу, соответственно равную $\frac{1}{71}$, $\frac{1}{74} \cdot 2$ и $\frac{1}{69} \cdot 2$, части массы Земли, которые не сильно отличаются друг от друга. Доктор Бринкли обнаружил, что она составляет $\frac{1}{80}$ от постоянной нутации Луны: но, судя по действию Луны в повышении приливов, ее масса, по—видимому, равна быть примерно $\frac{1}{75}$ части земли - величина, которая не может сильно отличаться от истины.

Видимые диаметры солнца, луны и планет определяются путем измерений; следовательно, их реальные диаметры можно сравнить с земными; ибо реальный диаметр планеты равен реальному диаметру земли, или 7926 милям, как отношение видимого диаметра планеты к видимому диаметру земли, если смотреть с планеты, то есть к удвоенному параллаксу планеты. Согласно Бесселю, средний видимый диаметр солнца составляет $1923'' \cdot 64$, а при солнечном параллаксе $8'' \cdot 5776$ будет обнаружено, что диаметр солнца составляет около 886 877 миль. Следовательно, если бы центр солнца совпадал с центром земли, его объем не только включал бы орбиту Луны, но и простирался бы почти на такое же расстояние; ибо среднее расстояние Луны от земли примерно в шестьдесят раз больше экваториального радиуса Земли, или 238 793 миль: так что удвоенное расстояние Луны составляет 477 586 миль, что лишь немногим отличается от солнечного радиуса; его экваториальный радиус, вероятно, ненамного меньше большой оси лунной орбиты. Диаметр Луны составляет всего 2160 миль; а диаметр Юпитера, равный 88 200 милям, намного меньше диаметра солнца; диаметр Паллады ненамного превышает 79 миль, так что обитатель этой планеты в одном из наших паровых экипажей может совершить кругосветное путешествие за несколько часов. Диаметры Лютении и Аталанты составляют всего 8 и 4 мили соответственно; но все 55 планет, рассматриваемых в телескоп, настолько малы, что их общая масса, вероятно, не превышает пятой или шестой части массы Луны.

Плотности тел пропорциональны их массам, деленным на их объемы. Следовательно, если предположить, что солнце и планеты представляют собой сферы, то их объемы будут равны кубам их диаметров. Итак, видимые диаметры солнца и Земли на их среднем расстоянии составляют $1923'' \cdot 6$ и $17'' \cdot 1552$, а масса земли составляет 354,936-ю часть массы Солнца, принятой за единицу. Отсюда следует, что земля в четыре раза плотнее Солнца. Но солнце настолько велико, что его сила притяжения заставила бы тела падать примерно на $334 \cdot 65$ футов в секунду. Следовательно, если бы он был пригоден для обитания людей, они не смогли бы двигаться, так как их вес был бы в тридцать раз больше, чем здесь. Человек среднего роста весил бы около двух тонн на поверхности солнца, тогда как на поверхности некоторых новых планет он был бы настолько легким, что было бы невозможно стоять устойчиво, поскольку он весил бы всего несколько фунтов. Средняя плотность земли была определена следующим методом. Поскольку сравнение действия двух планет на третью дает соотношение масс этих

двух планет, ясно, что, если мы можем сравнить воздействие всей земли с воздействием любой ее части, можно провести сравнение между массой всей земли и массой этой ее части. Теперь свинцовый шар был взвешен относительно земли путем сравнения воздействия каждого из них на маятник; близость меньшей массы заставляла его производить ощутимый эффект по сравнению с большей, поскольку по законам притяжения вся земля должна рассматриваться как собранная в своем центре. С помощью этого метода было обнаружено, что средняя плотность земли в 5·660 раз больше, чем у воды при температуре 62 ° по Фаренгейту на термометре. Покойный мистер Бейли, точность которого как философа-экспериментатора признана, почти четыре года был неустанно занят достижением этой очень важной цели. Чтобы еще точнее определить среднюю плотность земли, м-р Эйри провел серию экспериментов по сравнению одновременных колебаний двух маятников, одного на дне угольного карьера Хартон глубиной 1260 футов в Нортумберленде, а другого на поверхности земли непосредственно над ним. Колебания маятников сравнивались с астрономическими часами на каждой станции, и время мгновенно передавалось от одного к другому по телеграфному проводу. Колебания наблюдались непрерывно более 100 часов, когда было обнаружено, что нижний маятник совершил на $2\frac{1}{2}$ колебания за 24 часа больше, чем верхний. Эксперимент повторялся в течение того же периода времени с тем же результатом, но на этот раз верхний маятник был опущен на дно шахты, а нижний поднят на поверхность. Из разницы между колебаниями на двух станциях следует, что сила тяжести на дне шахты превышает силу тяжести на поверхности на $\frac{1}{19190}$ part, and that the ,, средняя плотность земли составляет 6·565, что больше, чем полученное мистером Бейли на ·89. Работая над тригонометрической съемкой Шотландии, полковник Джеймс определил среднюю плотность земли равной $5 \cdot 316$, исходя из отклонения отвеса, составляющего 2", вызванного притяжением Трона Артура и высот к востоку от Эдинбурга: это больше согласуется с плотностью, найденной мистером Бейли, чем с той, которая была выведена из экспериментов мистера Эйри. Все планеты и спутники, по-видимому, имеют меньшую плотность, чем Земля. Движение спутников Юпитера показывает, что его плотность увеличивается к центру. Если бы его масса была однородной, его экваториальная и полярная оси находились бы в соотношении 41 к 36, тогда как наблюдается, что они равны только 41 к 38. Странные неровности формы Сатурна и сильное сжатие Марса доказывают, что внутреннее строение этих двух планет очень далеко от однородного.

Прежде чем перейти к теории вращения, возможно, будет полезно дать некоторое представление о методах вычисления расположения планет и составления астрономических таблиц. В настоящее время астрономия разделена на три отдельных отдела: теорию, наблюдение и вычисления. Поскольку проблема трех тел может быть решена только приближенно, астроном-аналитик определяет положение планеты в пространстве с помощью ряда поправок. Сначала определяется его место на круговой орбите, затем добавление или вычитание уравнения центра (N. 48) к его среднему месту или из него дает его положение в эллипсе. Это снова исправляется применением основных периодических неравенств. Но, поскольку они определены для некоторого конкретного положения трех тел, их необходимо скорректировать с учетом других относительных положений. Этот процесс продолжается до тех пор, пока поправки не станут меньше ошибок наблюдения, когда очевидно, что нет необходимости продолжать аппроксимацию дальше. Истинная широта и расстояние планеты от солнца определяются методами, аналогичными тем, которые используются для определения долготы.

Поскольку земля равномерно вращается вокруг своей оси за 24 часа со скоростью 15° в час, время становится мерой углового движения и основным элементом астрономии, целью которой является определение точного состояния небес и последовательных изменений, которым они подвергаются во все эпохи, прошлые, настоящие и грядущие. Теперь долгота, широта и расстояние планеты от солнца задаются в терминах времени с помощью общих аналитических формул. Следовательно, эти формулы будут указывать точное место тела на небесах на любое время, выбранное по своему усмотрению, при условии, что их можно свести к числам. Но прежде чем вычислитель приступит к выполнению своей задачи, наблюдатель должен предоставить необходимые данные, которыми, очевидно, являются формы орбит и их положения относительно плоскости эклиптики (N. 57). Следовательно, необходимо путем наблюдения определить для каждой планеты длину большой оси ее орбиты, эксцентриситет, наклон орбиты к плоскости эклиптики, долготы ее перигелия и восходящего узла в данный момент времени, периодическое время планеты и ее долготу в любой произвольно принятый момент в качестве источника, от которого оцениваются все ее последующие и предшествующие долготы. Каждая из этих величин определяется исходя из того положения планеты, на которое она оказывает наибольшее влияние. Например, сумма наибольшего и наименьшего расстояний планеты от солнца равна большой оси орбиты, а их разность равна удвоенному эксцентриситету. Долгота планеты, когда она находится на наименьшем расстоянии от солнца, совпадает с долготой перигелия; наибольшая широта планеты равна наклону орбиты: долгота планеты, когда она находится в плоскости эклиптики при движении к северу, представляет собой долготу восходящего узла, а периодическое время представляет собой интервал между двумя последовательными прохождением планеты через один и тот же узел с небольшой поправкой на прецессию узла во время обращения планеты (N. 137). Несмотря на совершенство инструментов и точность современных наблюдателей, неизбежные ошибки наблюдений могут быть компенсированы только путем нахождения значения каждого элемента на основе среднего значения тысячи или даже многих тысяч наблюдений. Поскольку вполне вероятно, что не все ошибки направлены в одну сторону, а что некоторые из них избыточны, а другие несовершенны, они будут компенсировать друг друга при объединении.

Однако значения элементов, определенные по отдельности, можно рассматривать только как приблизительные, поскольку они настолько взаимосвязаны, что оценка любого из них независимо приведет к ошибкам в других. Эксцентриситет зависит от долготы перигелия, среднее движение зависит от большой оси, долгота узла зависит от наклона орбиты, и *наоборот*. Следовательно, положение планеты, рассчитанное по приблизительным данным, будет отличаться от ее наблюдаемого положения. Тогда трудность состоит в том, чтобы установить, какие элементы имеют наибольший недостаток, поскольку рассматриваемое различие заключается в общей ошибке; этого можно избежать, найдя ошибки в нескольких тысячах наблюдений и объединив их, чтобы исправить элементы одновременно и свести сумму квадратов ошибок к минимуму в отношении каждого элемента (N. 138). Метод достижения этого зависит от Теории вероятностей; предмет, дающий наиболее важные результаты в различных областях науки и гражданской жизни и совершенно незаменимый при определении астрономических данных. Серия наблюдений, продолжавшихся в течение нескольких лет, даст приблизительные значения вековых и периодических неравенств, которые необходимо время от времени корректировать, пока теория и наблюдения не придут в соответствие. И это снова даст значения масс тел, образующих солнечную систему, которые являются важными данными

при расчете их движения. Периодические неравенства, выведенные из большого числа наблюдений, используются для определения значений масс до тех пор, пока не будут в совершенстве известны вековые неравенства, которые затем дадут их со всей необходимой точностью. Когда все эти величины определены в цифрах, долгота, широта и расстояние планеты от солнца вычисляются за указанные промежутки времени и формируются в таблицы, расположенные в соответствии со временем, исчисляемым с данной эпохи, так что местоположение тела может быть определено по ним только путем осмотра в любой момент, возможно, за тысячу лет до и после этой эпохи. В результате этого утомительного процесса были составлены таблицы для всех крупных планет и нескольких малых, помимо Луны и спутников Юпитера. При современном состоянии астрономии массы и элементы орбит довольно хорошо известны, так что таблицы требуют лишь периодической корректировки по мере того, как наблюдения становятся более точными. Таблицы, содержащие движения Юпитера, Сатурна и Урана, были построены уже дважды за последние тридцать лет, и таблицы Юпитера и Сатурна почти полностью согласуются с современными наблюдениями. Следующее предсказание содержится в шестом издании этой книги, опубликованном в 1842 году: “Предсказания Урана, однако, уже ошибочны, вероятно, потому, что открытие этой планеты в 1781 году произошло слишком недавно, чтобы можно было с достаточной точностью определить ее движения, или что, возможно, она может быть подвержена возмущениям со стороны какой-то невидимой планеты, вращающейся вокруг Солнца за нынешними границами нашей системы. Если по прошествии лет таблицы, составленные на основе комбинации многочисленных наблюдений, все еще будут недостаточны для представления движений Урана, расхождения могут выявить существование, более того, даже массу и орбиту тела, навсегда находящегося за пределами сферы видимости”.^[5]

Это предсказание сбылось с тех пор, как вышло седьмое издание этой книги. Не только существование Нептуна, вращающегося на расстоянии трех тысяч миллионов миль от Солнца, было обнаружено по его возмущающему действию на Уран, но и его масса, форма и положение его орбиты в пространстве, и его периодическое время были определены до того, как планету увидели, а сама планета была обнаружена в той самой точке небес, которая была ей назначена. В течение многих лет было замечено, что возмущение Урана необъяснимым образом усилилось (N. 139). После определения возмущающего действия всех известных планет было обнаружено, что между 1833 и 1837 годами наблюдаемое и рассчитанное расстояние Урана от солнца отличалось на 240 000 миль, что примерно равно среднему расстоянию Луны от земли, в то время как в 1841 году ошибка в геоцентрической долготы планеты составляла 96". Таким образом, эти расхождения были приписаны притяжению какой-то невидимой и неизвестной планеты, следовательно, они привели к случаю, совершенно беспрецедентному в истории астрономии. До сих пор требовалось определить возмущающее действие одной известной планеты на другую. Принимая во внимание, что теперь предстояло решить обратную задачу, в которой требовалось определить место неизвестного небесного тела в данный момент времени вместе с его массой, формой и положением его орбиты по возмущению, которое оно производило при движении другого. Трудность была чрезвычайной, потому что все элементы орбиты Урана были ошибочными из-за действия Нептуна, а элементы орбиты Нептуна были неизвестны. В этой дилемме было необходимо сформулировать какую-то гипотезу относительно неизвестной планеты; поэтому предполагалось, что в соответствии с эмпирическим законом Бодде о средних расстояниях планет, она вращается на расстоянии, вдвое превышающем расстояние Урана от солнца. Фактически, периодическое время обращения Урана составляет

около 84 лет, и, поскольку расхождения в его движениях увеличивались медленно и регулярно, было очевидно, что для их возникновения потребуется планета с гораздо более длительным периодическим временем — более того, было ясно, что новая планета должна быть внешней по отношению к Урану, иначе это нарушило бы движения Сатурна.

Другое обстоятельство, как правило, уменьшало сложность; широта Урана не сильно пострадала, поэтому был сделан вывод, что наклон орбиты неизвестного тела должен быть очень маленьким, и, поскольку наклон орбиты Урана составляет всего $46' 28'' \cdot 4$, предполагалось, что обе планеты движутся в плоскости эклиптики, и, таким образом, элементы орбиты неизвестной планеты были уменьшены с шести до четырех. Таким образом, предположив, что неизвестное тело вращается по кругу в плоскости эклиптики, аналитическое выражение его воздействия на движение Урана в многочисленных точках его орбиты было сравнено с наблюдаемой долготой Урана в течение регулярного ряда лет, посредством чего дефектные элементы орбиты Урана были устранены, и осталось только соотношение между массой новой планеты и тремя элементами ее орбиты; и затем было необходимо принять для двух из них такое значение, которое устраивало бы остальные. Это было проделано так искусно, что возмущения Урана были совершенно согласованы с движениями Нептуна, движущегося по найденной таким образом орбите, и положение новой планеты точно соответствовало наблюдениям. Впоследствии его орбита и движения были определены более точно.

Честь этого замечательного гениального усилия разделяют мистер Адамс и месье Леверье, которые независимо друг от друга пришли к этим замечательным результатам. Мистер Адамс определил массу и видимый диаметр Нептуна со всеми обстоятельствами его движения за восемь месяцев до того, как М. Леверье завершил свои результаты, а также указал точное место, где можно было бы обнаружить планету; но английские наблюдатели пренебрегали поисками, пока М. Леверье не сообщил о своих исследованиях и не сообщил о ее местоположении доктору Галле в Берлине, который обнаружил ее в первую же ночь, когда искал, и тогда стало очевидно, что ее можно было бы увидеть в том месте, которое мистер Адамс назначил ей восемь месяцев назад, если бы ее искали. Так близко совпадали результаты этих двух великих математиков.

Диаметр Нептуна составляет 39 793 мили, следовательно, он почти в 200 раз больше земли, и его можно увидеть в телескоп средней мощности. В настоящее время его движение ретроградно и в шесть раз медленнее, чем у земли. На таком большом расстоянии от солнца она может получать только $\frac{1}{1300}$ -ю часть света и тепла, получаемых землей; но наличие спутника может в какой-то мере восполнить недостаток света.

Теперь предсказание может быть перенесено с Урана на Нептун, возмущения которого могут выявить существование планеты, находящейся еще дальше, которая может навсегда остаться вне досягаемости телескопического зрения, — однако ее масса, форма и положение ее орбиты и все обстоятельства ее движения могут стать известными, и границы солнечной системы все еще могут быть расширены на сотни миллионов миль.

Впоследствии оказалось, что среднее расстояние Нептуна от Солнца составляет всего 2893 миллиона миль, а период его обращения - 166 лет, так что закон барона Боде о том, что интервал между орбитами любых двух планет вдвое больше нижнего интервала и вдвое меньше верхнего, не работает в случае Нептуна, хотя он был полезен в первом приближении к его движениям; и со времен Боде это привело к открытию пятидесяти пяти планет, вращающихся

между орбитами Марса и Юпитера, некоторые случайно, другие в результате систематических поисков на орбите Марса. вера в то, что эти крошечные планеты являются фрагментами более крупного тела, которое взорвалось, потому что их расстояния от солнца почти одинаковы; линии узлов некоторых из их орбит заканчиваются в одних и тех же точках неба, а наклоны их орбит таковы, что могли возникнуть из-за их взаимных возмущений во время взрыва, и все же они были достаточно близки, чтобы их форма повлияла на их движение. Орбиты недавно открытых астероидов показывают, что эта гипотеза несостоятельна.

Таблицы Марса, Венеры и даже солнца были значительно улучшены и до сих пор привлекают внимание нашего королевского астронома мистера Эйри и других выдающихся астрономов. Мы главным образом обязаны немецким астрономам таблицами четырех старых планет, изученных с помощью телескопа, Весты, Юноны, Цереры и Паллады; остальные были открыты только с 1845 года.

Определение траектории движения планеты, когда ей мешают все остальные, - задача, в которой использовались таланты величайших астрономов, от Ньютона до наших дней, - успешно решается только в отношении более старых планет, которые вращаются по почти круговым орбитам, но с небольшим наклоном к плоскости эклиптики. Когда эксцентриситет и наклон орбит велики, их анализ терпит неудачу, потому что ряды, выражающие координаты тел, становятся чрезвычайно сложными и не сходятся при применении к кометам и планетам телескопа. Эта трудность была преодолена сэром Джоном Лаббоком и другими математиками, которым выпала честь завершить теорию движения планет, которая с каждым днем приобретает все большее значение благодаря обнаруженным новым планетам, а также в связи с кометами, многие из которых возвращаются к солнцу через регулярные промежутки времени, и по возмущениям которых массы планет будут более точно определены, а тормозящее влияние эфирной среды станет более известным.

РАЗДЕЛ IX.

Вращение Солнца и Планет—Кольца Сатурна—Периоды вращения Луны и других спутников, равные периодам их обращения—Форма лунного сфероида—Либрация, аспект и строение Луны—Вращение спутников Юпитера.

Сплюснутая форма некоторых планет указывает на вращательное движение. В большинстве случаев это было подтверждено отслеживанием точек на их поверхности, по которым были определены их полюса и времена вращения. Вращение Меркурия неизвестно из-за его близости к Солнцу; вращение новых планет еще не установлено. Солнце совершает оборот за двадцать пять дней и десять часов вокруг оси, которая направлена к точке на полпути между полярной звездой и α Лиры, причем плоскость вращения наклонена на $7^\circ 30'$, или чуть более чем на семь градусов, к плоскости эклиптики: следовательно, можно заключить, что масса солнца представляет собой сфероид, сплюснутый у полюсов. Исходя из вращения солнца, были все основания полагать, что оно имеет поступательное движение в пространстве, и это обстоятельство подтверждается наблюдениями. Но вследствие взаимодействия планет он

описывает небольшую неправильную орбиту вокруг центра тяжести системы, никогда не отклоняясь от своего положения более чем вдвое больше своего собственного диаметра или чуть более чем в семь раз больше расстояния Луны от земли. Солнце и все его спутники вращаются с запада на восток по осям, которые остаются почти параллельными самим себе (N. 140) в каждой точке своей орбиты, и с практически одинаковыми угловыми скоростями (N. 141). Хотя равномерность направления их вращения является обстоятельством, доселе не учитывавшимся в экономии природы, все же, начиная с устройства и приспособления каждой другой части к совершенству целого, столь замечательное совпадение не может быть случайным. И поскольку вращения планет и спутников также происходят с запада на восток, очевидно, что и то, и другое должно было возникнуть из-за первоначальной причины, которая определяла движение планет.^[6] Действительно, Ла Плейс вычислил вероятность как четыре миллиона к одному, что все движения планет, как вращательные, так и оборотные, были одновременно вызваны первоначальной общей причиной, но о природе и эпохе которой мы не знаем.

Большие планеты вращаются за более короткие периоды, чем планеты меньшего размера и Земля. Следовательно, их сжатие больше, и действие солнца и их спутников вызывает нутацию их осей и прецессию их равноденствий (H. 147), аналогичную той, которая возникает в земном сфероиде из-за притяжения солнца и луны к выступающему веществу на экваторе. Юпитер совершает оборот менее чем за десять часов вокруг оси под прямым углом к определенным темным поясам или полосам, которые всегда пересекают его экватор. (См. Рисунок 1.) Это быстрое вращение вызывает очень сильное сжатие его формы. Его экваториальная ось превышает полярную ось на 6000 миль, тогда как разница в осях Земли составляет всего около двадцати шести с половиной. Очевидным следствием закона Кеплера о том, что квадраты периодов обращения планет подобны кубам главных осей их орбит, является то, что небесные тела движутся медленнее, чем дальше они находятся от солнца. При сравнении периодов обращения Юпитера и Сатурна со временем их вращения выясняется, что год Юпитера содержит почти десять тысяч его дней, а год Сатурна - около тридцати тысяч сатурнианских дней.

Появление Сатурна не имеет аналогов в мировой системе. Он представляет собой сфероид почти в 1000 раз больше земли, окруженный кольцом, еще более ярким, чем он сам, которое всегда остается подвешенным в плоскости его экватора: и при рассмотрении в очень хороший телескоп оказывается, что оно состоит из двух концентрических колец, разделенных темной полосой. Внешнее кольцо, видимое через большой экваториал м-ра Ласселла на Мальте, имеет темную полосатую полосу через центр и в целом менее яркое, чем внутреннее кольцо, одна половина которого чрезвычайно яркая; в то время как внутренняя половина затенена кольцами, похожими на сиденья в амфитеатре. М-р Ласселл сделал замечательное открытие темно-прозрачного кольца, край которого совпадает с внутренним краем внутреннего кольца и которое занимает примерно половину пространства между ним и Сатурном. Он сравнивает это с полосой темного крепа, протянутой через часть диска планеты, и та часть, которая проецируется на голубое небо, тоже прозрачна. В то время, когда эти наблюдения производились на Мальте, капитан Джейкоб обнаружил прозрачное кольцо в Мадрасе. Предполагается, что он текучий; даже светящиеся кольца не могут быть очень плотными, поскольку известно, что плотность самого Сатурна меньше восьмой части плотности Земли. Прохождение кольца через звезду может кое-что рассказать об этом удивительном объекте. Шар Сатурна испещрен поясами разных цветов. Во время этих наблюдений часть над кольцом

была ярко-белой; на его экваторе был красноватый пояс, разделенный надвое, над которым были пояса голубовато-зеленого цвета, попеременно темные и светлые, в то время как на полюсе было круглое пространство бледного цвета. (См. [Таблицу 2.](#)) Среднее расстояние внутренней части двойного кольца от поверхности планеты составляет около 22 240 миль, его ширина не менее 33 360 миль, но, по оценке сэра Джона Гершеля, его толщина ненамного превышает 100 миль, так что оно выглядит как плоскость. По законам механики невозможно, чтобы это тело могло сохранять свое положение только за счет сцепления своих частиц. Оно обязательно должно вращаться со скоростью, которая создаст центробежную силу, достаточную для уравнивания притяжения Сатурна. Наблюдения подтверждают истинность этих принципов, показывая, что кольца совершают оборот с запада на восток вокруг планеты за десять с половиной часов, что почти равно времени, за которое спутник совершил бы оборот вокруг Сатурна на том же расстоянии. Их плоскость наклонена к эклиптике под углом $28^{\circ} 10' 44'' \cdot 5$; вследствие этого наклона положения они всегда кажутся нам эллиптическими, но с такой переменной эксцентриситетом, что иногда даже напоминают прямую линию, проведенную поперек планеты. В начале октября 1832 года плоскость колец проходила через центр земли; в этом положении они видны только с помощью очень совершенных приборов и выглядят как тонкая линия, пересекающая диск Сатурна. Примерно в середине декабря того же года кольца стали невидимыми с помощью обычных приборов из-за того, что их плоскость проходила через солнце. В конце апреля 1833 года кольца исчезли во второй раз и вновь появились в июне того же года. Подобные явления будут происходить так часто, как Сатурн будет иметь одинаковую долготу с любым узлом своих колец. На каждой стороне этих колец попеременно по пятнадцать лет светит солнце и пятнадцать лет царит темнота.

Необычным результатом теории является то, что кольца не могли бы сохранять стабильность вращения, если бы они были повсюду одинаковой толщины; ибо малейшее нарушение нарушило бы равновесие, которое становилось бы все более и более нарушенным, пока, наконец, они не осели бы на поверхности планеты. Следовательно, кольца Сатурна должны быть неправильной формы, неодинаковой ширины в разных частях окружности, так что их центры тяжести не совпадают с центрами их фигур. Профессор Струве также обнаружил, что центр колец не концентричен центру Сатурна. Интервал между внешним краем шара планеты и внешним краем колец с одной стороны равен $11'' \cdot 272$, а с другой стороны, интервал равен $11'' \cdot 390$, следовательно, эксцентриситет шара в кольцах равен $0'' \cdot 215$. Если бы кольца подчинялись разным силам, они не оставались бы в одной плоскости, но мощное притяжение Сатурна всегда удерживает их и его спутники в плоскости его экватора. Кольца, благодаря своему взаимному действию, а также действию солнца и спутников, должны колебаться вокруг центра Сатурна и вызывать явления света и тени, периоды которых растягиваются на многие годы. Согласно М. Бесселю, масса кольца Сатурна равна $\frac{1}{118}$ части массы планеты.

Периоды вращения Луны и других спутников равны временам их обращения, следовательно, эти тела всегда обращены одной и той же стороной к своим основным телам. Однако, поскольку среднее движение Луны подвержено вековому неравенству, которое в конечном итоге составит множество окружностей ([N. 108](#)), если бы вращение Луны было совершенно равномерным и не подвергалось влиянию тех же неравенств, оно перестало бы точно уравнивать движение вращения; и Луна в течение веков последовательно и постепенно открывала бы для земли каждую точку своей поверхности. Но теория доказывает, что этого никогда не может произойти; ибо вращение Луны, хотя и не подвержено периодическим неравенствам ее обращения, подвержено тем же вековым изменениям, так что ее вращательные движения и обращение

вокруг земли всегда будут уравнивать друг друга и оставаться равными. Это обстоятельство обусловлено формой лунного сфероида, который имеет три главные оси разной длины, расположенные под прямым углом друг к другу.

Луна сплющена у своих полюсов из-за центробежной силы, поэтому ее полярная ось наименьшая. Два других находятся в плоскости ее экватора, но та, что направлена к земле, самая большая (N. 142). Притяжение земли, как если бы она вытянула эту часть экватора Луны, постоянно приближает к нам наибольшую ось и, следовательно, то же самое полушарие, что заставляет ее вращение участвовать в вековых вариациях ее среднего вращательного движения. Даже если бы угловые скорости вращения не были должным образом уравновешены в начале движения Луны, притяжение земли вернуло бы наибольшую ось в направлении линии, соединяющей центры Луны и земли; так что она колебалась бы по обе стороны от этой линии таким же образом, как маятник колеблется по обе стороны от вертикали под влиянием силы тяжести. Такая либрация не заметна; и, поскольку малейшее возмущение сделало бы ее очевидной, ясно, что, если комета когда-либо касалась Луны, масса последней должна была быть чрезвычайно мала. Если бы это была всего лишь сотысячная часть земной, это сделало бы либрацию ощутимой. Согласно анализу, аналогичная либрация наблюдается в движении спутников Юпитера, которые до сих пор остаются незаметными для наблюдения, и все же комета 1770 года дважды прошла через середину из них.

Луна, это правда, подвержена либрации в зависимости от положения наблюдателя. При ее восходе видна часть западного края ее диска, которая невидима при ее заходе, и обратное происходит по отношению к ее восточному краю. Существуют также либрации, возникающие из-за взаимного расположения земли и Луны на их соответствующих орбитах; но, поскольку это всего лишь оптические проявления, одно полушарие будет вечно скрыто от земли. По той же причине земля, которая должна быть таким великолепным объектом для одного лунного полушария, навсегда будет скрыта от другого. Из-за этих обстоятельств более удаленное полушарие Луны имеет свой день продолжительностью в две недели и ночь такой же продолжительности, даже не освещенную луной, в то время как благоприятствуемая сторона освещается отражением земли в течение ее долгой ночи. Планета, поверхность которой в тринадцать раз больше поверхности Луны, со всеми видами облаков, суши и воды, последовательно появляющимися в поле зрения, должна быть великолепным объектом для лунного путешественника в путешествии к его антиподам. Большая высота лунных гор, вероятно, оказывает значительное влияние на явления ее движения, тем более что ее сжатие невелико, а масса значительна. В кривой, проходящей через полюса, и в том диаметре Луны, который всегда указывает на землю, природа установила постоянный меридиан, к которому были отнесены различные точки на ее поверхности, и их положение определено с такой же точностью, как и положение многих самых замечательных мест на поверхности нашего земного шара. Согласно наблюдениям профессора Секки из Рима, горы Луны в основном вулканического происхождения и бывают трех видов. Границы первого и старейшего из них стерты, так что они выглядят как глубокие колодцы; вторые, относящиеся к промежуточному классу, имеют приподнятые и, по большей части, правильные сплошные края, при этом земля вокруг них поднята на огромную высоту пропорционально размерам вулкана, с обычно изолированной скалой в центре кратера. Третий и самый последний класс очень мал и, по-видимому, является последним усилием угасающей вулканической силы, которая, вероятно, сейчас потухла.

Расстояние и крошечность спутников Юпитера чрезвычайно затрудняют определение их вращения. Однако это было сделано сэром Уильямом Гершелем по их относительной яркости. Он заметил, что они попеременно превосходят друг друга по яркости, и, сравнив максимумы и минимумы их свечения с их положением относительно солнца и своего светила, он обнаружил, что, подобно Луне, время их вращения равно периоду их обращения вокруг Юпитера. Миральди пришел к такому же выводу в отношении четвертого спутника, основываясь на движении пятна на его поверхности.

РАЗДЕЛ X.

Вращение Земли неизменно—Снижение средней температуры Земли—Земля изначально находилась в состоянии термоядерного синтеза—Продолжительность дня постоянна—Снижение температуры, приписываемое сэром Джоном Гершелем изменению эксцентриситета Земной орбиты—Разница в температуре двух полушарий, ошибочно приписываемая превышению продолжительности весны и лета в Южном полушарии; приписываемая сэром Чарльзом Лайеллом действию существующих причин—Три главные оси вращения—Неизменное положение оси вращения на поверхности Земли—Океана недостаточно для восстановления равновесия Земли если нарушен — Его Плотность и средняя Глубина — Внутренняя структура Земли.

Вращение Земли, определяющее продолжительность суток, можно рассматривать как один из важнейших элементов в системе мироустройства. Он служит мерой времени и служит эталоном для сравнения оборотов небесных тел, которые своим пропорциональным увеличением или уменьшением вскоре выявили бы любые изменения, которые он может претерпеть. Теория и наблюдения сходятся в доказательстве того, что среди бесчисленных превратностей, преобладающих на протяжении всего творения, период суточного вращения Земли неизменен. Вода в реках, падая с более высокого уровня на более низкий, несет с собой скорость, обусловленную ее вращением вместе с землей на большем расстоянии от центра; следовательно, она ускоряет, хотя и почти в бесконечно малой степени, суточное вращение земли. Сумма всех этих приращений скорости, возникающих в результате спуска всех рек по поверхности земли, со временем стала бы ощутимой, если бы природа в процессе испарения не подняла воды обратно к их источникам и, таким образом, снова удалив материю на большее расстояние от центра, не уничтожила скорость, порожденную ее предыдущим приближением; так что спуск рек не влияет на вращение земли. Огромные массы, выброшенные вулканами от экватора к полюсам и наоборот, действительно повлияли бы на него, но свидетельств таких конвульсий нет. Возмущающее действие луны и планет, оказывающее столь мощное влияние на вращение земли, никоим образом не влияет на ее вращение. Постоянное трение пассатов о горы и континенты между тропиками не препятствует их скорости, которая теоретически даже оказывается такой же, как если бы море вместе с землей образовывало одну сплошную массу. Но, хотя этих обстоятельств недостаточно, изменение средней температуры, несомненно, привело бы к соответствующему изменению скорости вращения. В науке динамики это принцип системы тел или частиц, вращающихся вокруг фиксированного центра, согласно которому

импульс или сумма произведений массы каждого из них на его угловую скорость и расстояние от центра является постоянной величиной, если система не нарушена посторонней причиной. Теперь, поскольку количество частиц в системе одинаково, какой бы ни была ее температура, когда их расстояния от центра уменьшаются, их угловая скорость должна увеличиваться, чтобы предыдущее количество могло оставаться постоянным. Отсюда следует, что, поскольку первоначальный импульс вращения, с которым земля была спроецирована в космос, обязательно должен оставаться неизменным, малейшее уменьшение тепла из-за сжатия земного сфероиды ускорило бы его вращение и, следовательно, сократило бы продолжительность дня. Несмотря на постоянное повышение температуры от солнечных лучей, ископаемые останки заставили геологов поверить, что средняя температура на земном шаре снижается.

Высокая температура шахт, горячих источников и, прежде всего, внутренних пожаров, которые произвели и до сих пор вызывают такие разрушения на нашей планете, указывают на увеличение тепла по направлению к ее центру. Увеличение плотности, соответствующее глубине и форме сфероиды, поскольку теория приписывает вращающейся жидкой массе, наводит на мысль, что температура земли изначально была настолько высокой, что все вещества, из которых она состоит, превратились в плавленное или парообразное состояние, и что с течением веков она остыла до своего нынешнего состояния; что она все еще становится холоднее; и что это будет продолжаться до тех пор, пока вся масса не достигнет температуры среды, в которую она помещена, или, скорее, состояния равновесия между этой температурой и температурой окружающей среды. охлаждающая сила собственного излучения и нагревающий эффект солнечных лучей.

До образования льда на полюсах древние земли северных широт, без сомнения, могли производить тропические растения, сохранившиеся в виде запасов угля, если такие растения действительно могли процветать без яркого света тропического солнца. Но, даже если понижающейся температуры земли достаточно, чтобы произвести наблюдаемые эффекты, она должна действовать чрезвычайно медленно; поскольку вследствие вращения Земли, являющегося мерой периодов небесных движений, было доказано, что, если бы продолжительность дня уменьшилась на трехтысячную долю секунды со времени наблюдений Гиппарха две тысячи лет назад, это уменьшило бы уравнение продолжительности Луны на 44" . 4. Следовательно, не подлежит сомнению, что средняя температура земли не могла заметно измениться за это время. Если, таким образом, явления, проявляемые слоями, действительно обусловлены снижением внутренней температуры, это либо указывает на огромные периоды, необходимые для производства геологических изменений, по сравнению с которыми две тысячи лет - ничто, либо на то, что средняя температура земли достигла состояния равновесия до этих наблюдений.

Какими бы убедительными ни были указания на первобытную текучесть земли, поскольку прямых доказательств этому нет, гипотезу можно рассматривать только как очень вероятную. Но один из самых глубоких философов и элегантных писателей современности обнаружил в вековом изменении эксцентриситета земной орбиты очевидную причину снижения температуры. Этот выдающийся автор, указывая на взаимную зависимость явлений, говорит: "Очевидно, что средняя температура всей поверхности земного шара, поскольку она поддерживается действием солнца на более высоком уровне, чем это было бы, если бы солнце погасло, должна зависеть от среднего количества солнечных лучей, которые оно получает, или

— что почти одно и то же — от общего количества, получаемого за данное неизменное время; и, поскольку продолжительность года неизменна при всех колебаниях планетной системы, отсюда следует, что общее количество солнечной радиации будет определять, *cæteris paribus*, общий климат земли. Теперь нетрудно показать, что это количество обратно пропорционально малой оси эллипса, описываемого землей вокруг Солнца (N. 143), рассматриваемой как медленно изменяющаяся; и что, следовательно, большая ось остается, как мы знаем, постоянной, а орбита фактически приближается к окружности, и, следовательно, малая ось увеличивается, среднее годовое количество солнечной радиации, получаемое всей землей, должно фактически уменьшаться. Следовательно, у нас есть очевидная реальная причина для объяснения этого явления”. Пределы изменения эксцентриситета земной орбиты неизвестны. Но если ее эллиптичность когда-либо была такой же большой, как у орбиты Меркурия или Паллады, то средняя температура земли должна была быть значительно выше, чем сейчас. Было ли оно достаточно велико, чтобы сделать наш северный климат пригодным для выращивания тропических растений и для обитания слонов и других животных, ныне обитающих в жаркой зоне, сказать невозможно.

О снижении температуры в северном полушарии имеются многочисленные свидетельства в виде ископаемых растений, обнаруженных в очень высоких широтах, которые могли существовать только в тропическом климате и которые, должно быть, росли недалеко от того места, где они найдены, из-за тонкости их структуры и совершенной сохранности. Это изменение температуры было ошибочно приписано чрезмерной продолжительности весны и лета в северном полушарии вследствие эксцентриситета солнечного эллипса.

Продолжительность сезонов меняется в зависимости от положения перигелия (N. 64) земной орбиты по двум причинам. Из-за эксцентриситета, каким бы малым он ни был, любая линия, проходящая через центр солнца, делит земной эллипс на две неравные части, и по законам эллиптического движения земля движется через эти две части с неодинаковыми скоростями. Перигелий всегда находится в меньшей части, и там движение земли наиболее быстрое. При нынешнем положении перигелия весна и лето к северу от экватора примерно на восемь дней превышают продолжительность тех же сезонов к югу от него. А 10 492 года назад южное полушарие пользовалось преимуществом, которым мы обладаем сейчас, благодаря вековому изменению перигелия. Однако сэр Джон Гершель показал, что при таком чередовании ни одно из полушарий не получает избытка света или тепла по сравнению с другим; ибо, хотя земля находится ближе к солнцу при движении по той части своей орбиты, в которой находится перигелий, чем в другой части, и, следовательно, получает большее количество света и тепла, все же, поскольку она движется быстрее, она подвергается воздействию тепла в течение более короткого времени. В другой части орбиты, напротив, земля, находясь дальше от солнца, получает меньше его лучей; но поскольку ее движение медленнее, она подвергается их воздействию в течение более длительного времени; и, поскольку в обоих случаях количество тепла и угловая скорость изменяются точно в одной и той же пропорции, происходит совершенная компенсация (N. 144). Таким образом, эксцентриситет земной орбиты практически не влияет на температуру, соответствующую разнице времен года.

Сэр Чарльз Лайелл в своих превосходных работах по геологии относит усиление похолодания в северном полушарии к действию существующих причин с большей вероятностью, чем большинство теорий, которые были выдвинуты для решения этого сложного вопроса. Самые высокие горы были бы представлены песчинкой на глобусе шести футов в диаметре, а глубина океана - царапиной на его поверхности. Следовательно, постепенное возвышение континента

или горной цепи над поверхностью океана или их углубление под ним не являются очень великими событиями по сравнению с величиной земли и энергией ее подземных огней, если допустить те же периоды времени в развитии геологических и астрономических явлений, которые, как показывают последовательные и разнообразные расы вымерших существ, были огромными. Климат всегда более интенсивный во внутренних частях континентов, чем на островах или морских побережьях. Таким образом, увеличение площади суши в пределах тропиков увеличило бы общую температуру, а увеличение площади умеренных и холодных зон сделало бы холод более суровым. В настоящее время выясняется, что большинство европейских, североазиатских и североамериканских континентов и островов были подняты из глубин после образования каменноугольных пластов, в которых найдены ископаемые тропические растения; и целый ряд геологических фактов указывает на существование древнего и обширного архипелага, занимавшего большую часть северного полушария. Сэр Чарльз Лайель поэтому придерживается мнения, что климат этих островов, должно быть, был достаточно мягким из-за окружающего океана, чтобы одеть их тропическими растениями и сделать подходящим жилищем для огромных животных, окаменелые останки которых так часто находят; что древовидные папоротники и пальмы этих регионов, унесенные потоками на дно океана, были погружены в слои, которые постепенно поднимались подземными пожарами в течение долгой череды эпох, пока большая часть северного полушария не стала сушей, какой она является сейчас, и не превратилась в пустыню. что следствием этого стало постоянное снижение температуры.

Судя по морским раковинам, найденным на вершинах высочайших гор и почти во всех частях земного шара, очевидно, что огромные континенты возвышались над океаном, который, должно быть, поглотил другие. Такая катастрофа была бы вызвана изменением положения оси вращения на поверхности земли, поскольку моря, стремящиеся к новому экватору, покинули бы одни части земного шара и затопили бы другие. Итак, законами механики установлено, что в каждом теле, какой бы формой или плотностью оно ни обладало, имеются по меньшей мере три оси, расположенные под прямым углом друг к другу, вокруг любой из которых, если твердое тело начнет вращаться, оно будет продолжать вращаться вечно, при условии, что оно не будет нарушено посторонней причиной, но вращение вокруг любой другой оси будет лишь мгновенным, и, следовательно, полюса или конечности мгновенной оси вращения будут постоянно менять свое положение на поверхности тела. В эллипсоиде вращения полярный диаметр и каждый диаметр в плоскости экватора являются единственными постоянными осями вращения (N. 145). Следовательно, если бы эллипсоид начал вращаться примерно любого диаметра между полюсом и экватором, движение было бы настолько неустойчивым, что ось вращения и положение полюсов менялись бы каждое мгновение. Следовательно, поскольку земля не сильно отличается от этой фигуры, если бы она не поворачивалась вокруг одной из своих главных осей, положение полюсов менялось бы ежедневно; экватор, отстоящий от нас на 90 °, претерпевал бы соответствующие изменения; и географические широты всех мест, оцениваемые по экватору, который считается постоянным, постоянно менялись бы. Смещения полюсов всего на двести миль было бы достаточно, чтобы вызвать эти эффекты, и оно было бы немедленно обнаружено. Но поскольку установлено, что широты неизменны, можно сделать вывод, что земной сфероид, должно быть, веками вращался вокруг одной и той же оси. Земля и планеты так мало отличаются от эллипсоидов вращения, что, по всей вероятности, любое колебание от одной оси к другой, вызванное первичным импульсом, приведшим их в движение,

должно было прекратиться вскоре после их создания из-за трения жидкостей на их поверхности.

Теория также доказывает, что ни нутация, ни прецессия, ни какие-либо другие возмущающие силы, действующие на систему, не оказывают ни малейшего влияния на ось вращения, которая сохраняет постоянное положение на поверхности, если вращение земли не было нарушено посторонней причиной, такой как столкновение кометы, которое могло произойти в необъятные времена. Но если бы это было так, его последствия все равно были бы заметны в вариациях географических широт. Если мы предположим, что такое событие имело место и что возмущение было очень велико, равновесие могло быть восстановлено относительно новой оси вращения только за счет стремительного движения морей к новому экватору, что они должны были продолжать делать до тех пор, пока поверхность повсюду не стала перпендикулярной направлению силы тяжести. Но вполне вероятно, что такого скопления вод было бы недостаточно для восстановления равновесия, если бы нарушение было большим, поскольку средняя плотность моря составляет лишь примерно пятую часть средней плотности земли, а средняя глубина Тихого океана, как предполагается, не превышает четырех-пяти миль, тогда как экваториальный диаметр земли превышает полярный диаметр примерно на $26\frac{1}{2}$, мили. Следовательно, влияние моря на направление силы тяжести очень невелико. И поскольку, таким образом, представляется, что значительное изменение положения оси несовместимо с законом равновесия, рассматриваемые геологические явления должны быть приписаны внутренней причине. Действительно, теперь доказано, что слои, содержащие морскую дилuviю, которые находятся на возвышенности, должно быть, образовались на дне океана, а затем были подняты под действием подземных пожаров. Кроме того, из измерения дуг меридиана и длины секундного маятника, а также из лунной теории ясно, что внутренние слои, а также внешние очертания земного шара имеют эллиптическую форму, их центры совпадают, а оси идентичны оси поверхности — положение вещей, которое, согласно недавно процитированному уважаемому автору, несовместимо с последующим приведением поверхности в новое состояние вращения, отличное от того, которое определяло первоначальное распределение составляющего вещества. Таким образом, среди могущественных революций, которые смели с земли бесчисленные расы организованных существ, подняли равнины и погребли горы в океане, вращение земли и положение осей на ее поверхности претерпели лишь незначительные изменения.

Слои земного сфероида не только концентрические и эллиптические, но и лунные неравномерности показывают, что их плотность увеличивается от поверхности земли к ее центру. Это, несомненно, произошло бы, если бы земля изначально была жидкой, поскольку более плотные части должны были опускаться к центру по мере приближения к состоянию равновесия. Но огромное давление сверхнаполняющейся массы является достаточной причиной этого явления. Профессор Лесли отмечает, что упругость воздуха, сжатого до пятидесятой части своего объема, увеличивается в пятьдесят раз. Если она продолжит сжиматься с такой скоростью, то из-за своего собственного веса приобретет плотность воды на глубине тридцати четырех миль. Но сама вода удвоила бы свою плотность на глубине девяноста трех миль и даже достигла бы плотности ртути на глубине 362 миль. Таким образом, при спуске к центру на расстояние почти 4000 миль конденсация обычных веществ превзошла бы все возможности представления. Доктор Янг говорит, что сталь была бы спрессована до одной четвертой, а камень - до одной восьмой своей массы в центре земли. Однако мы еще не знакомы с законами сжатия твердых тел сверх определенного предела; из экспериментов

мистера Перкинса следует, что они способны к большей степени сжатия, чем обычно предполагалось.

Но столь экстремальная плотность не подтверждается астрономическими наблюдениями. Из этого, по-видимому, следует, что наша планета должна иметь обширную кавернозную структуру и что мы ступаем по коре или оболочке, толщина которой очень мала по отношению к диаметру ее сферы. Возможно также, что эта большая конденсация в центральных областях может быть уравновешена повышенной эластичностью из-за очень высокой температуры.

РАЗДЕЛ XI.

Прецессия и Нутация — их влияние на Видимые места неподвижных Звезд.

Было показано, что ось вращения неизменна на поверхности земли; и наблюдения, а также теория доказывают, что, если бы не воздействие солнца и луны на материю на экваторе, она оставалась бы точно параллельной самой себе в каждой точке своей орбиты.

Притяжение внешнего тела не только притягивает сфероид к себе, но и, поскольку сила изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния, приводит его в движение вокруг центра тяжести, за исключением случаев, когда притягивающее тело расположено в продолжении одной из осей сфероида. Плоскость экватора наклонена к плоскости эклиптики под углом $23^{\circ}27'28''\cdot29$; и наклон лунной орбиты к тому же составляет $5^{\circ}8'47''\cdot9$. Следовательно, из-за сплюснутой фигуры земли солнце и луна, действуя косо и неравномерно на разные части земного сфероида, отклоняют плоскость экватора от ее направления и заставляют ее двигаться с востока на запад, так что точки равноденствия совершают медленное ретроградное движение в плоскости эклиптики с частотой $50''\cdot41$ в год. Прямая тенденция этого действия состоит в том, чтобы плоскости экватора и эклиптики совпали, но оно уравновешивается тенденцией земли вернуться к стабильному вращению вокруг полярного диаметра, который является одной из ее главных осей вращения. Следовательно, наклон двух плоскостей остается постоянным, поскольку при вращении волчка сохраняется тот же наклон к плоскости горизонта. Если бы земля была сферической, этого эффекта не было бы, и точки равноденствия всегда соответствовали бы одним и тем же точкам эклиптики, по крайней мере, в том, что касается такого рода движения. Но уже упоминалась другая, совершенно иная причина, действующая на это движение. Действие планет друг на друга и на солнце вызывает очень медленное изменение положения плоскости эклиптики, что влияет на ее наклон к плоскости экватора и придает точкам равноденствия медленное, но прямое движение по эклиптике со скоростью $0''\cdot31$ в год, что полностью не зависит от формы земли и было бы таким же, если бы она была сферой. Таким образом, солнце и луна, перемещая плоскость экватора, смещают точки равноденствия назад по эклиптике, а планеты, перемещая плоскость эклиптики, придают им прямое движение, хотя и гораздо меньшее, чем первое. Следовательно, разница между ними заключается в средней прецессии, которая, как доказано как теорией, так и наблюдениями, составляет около $50''\cdot1$ в год (N. 146).

Поскольку долготы всех неподвижных звезд увеличиваются на эту величину, вскоре обнаруживаются эффекты прецессии. Соответственно, это было открыто Гиппархом в 128 году до Рождества Христова в результате сравнения его собственных наблюдений с наблюдениями Тимохариса 155 годами ранее. Во времена Гиппарха вход солнца в созвездие Овна был началом весны; но с того времени точки равноденствия отступили на 30° , так что созвездия, называемые знаками зодиака, находятся теперь на значительном расстоянии от тех участков эклиптики, которые носят их названия. Перемещаясь со скоростью $50'' \cdot 1$ в год, точки равноденствия совершат оборот за 25 868 лет. Но, поскольку прецессия варьируется в разные века, протяженность этого периода будет немного изменена. Поскольку движение солнца прямое, а точек равноденствия ретроградные, ему требуется меньше времени, чтобы вернуться к экватору, чем для прибытия к тем же звездам; так что тропический год из $365^{\text{дней}} 5^{\text{ч}} 48^{\text{м}} 49^{\text{с}} \cdot 7$ должен быть увеличен на время, необходимое солнцу для прохождения дуги в $50'' \cdot 1$, чтобы получить продолжительность звездного года. Необходимое время составляет $20^{\text{м}} 19^{\text{с}} \cdot 6$, так что звездный год содержит $365^{\text{дней}} 6^{\text{ч}} 9^{\text{м}} 9^{\text{с}} \cdot 6$ средних солнечных дней.

Среднегодовая прецессия подвержена вековым изменениям; ибо, хотя изменение плоскости эклиптики, в которой лежит орбита солнца, не зависит от формы земли, все же, приводя солнце, луну и землю в разные относительные положения от эпохи к эпохе, это изменяет прямое воздействие двух первых на выступающую материю на экваторе: по этой причине движение точки равноденствия сейчас на $0'' \cdot 455$ больше, чем во времена Гиппарха. Следовательно, фактическая продолжительность тропического года примерно на $4^{\text{секунды}} \cdot 21$ короче, чем в то время. Максимальное изменение, которое он может испытать по этой причине, составляет 43 секунды.

Таково вековое движение равноденствий. Но оно иногда увеличивается, а иногда уменьшается из-за периодических колебаний, периоды которых зависят от взаимного положения солнца и Луны относительно земли и которые вызваны прямым воздействием этих тел на экватор. Доктор Брэдли обнаружил, что благодаря этому действию Луна заставляет полюс экватора описывать в небесах небольшой эллипс, оси которого равны $18'' \cdot 5$ и $13'' \cdot 674$, причем более длинная направлена к полюсу эклиптики. Период этого неравенства составляет около 19 лет - время, затрачиваемое узлами лунной орбиты на совершение оборота. Солнце вызывает небольшое изменение в описании этого эллипса; оно проходит свой период за полгода. Поскольку вся земля подчиняется этим движениям, они влияют на положение ее оси вращения относительно звездного неба, хотя и не относительно поверхности земли; ибо в результате одной только прецессии полюс экватора совершает круговое движение вокруг полюса эклиптики за 25 868 лет, и только за счет нутации он описывает в небесах небольшой эллипс каждые 19 лет, каждая сторона которого каждые полгода отклоняется от действия солнца. Реальная кривая, прочерченная на звездном небе воображаемым удлинением земной оси, складывается из этих трех движений (N. 147). Эта нутация земной оси влияет как на прецессию, так и на наклон с небольшими периодическими изменениями. Но вследствие векового изменения положения земной орбиты, которое происходит главным образом из-за возмущающей энергии Юпитера на земле, наклон эклиптики ежегодно уменьшается, согласно М. Бесселю, на $0'' \cdot 457$. Это изменение с течением веков может составлять 10 или 11 градусов; но наклон эклиптики к экватору никогда не может изменяться более чем на $2^\circ 42'$ или 3° , поскольку экватор будет в некоторой степени следовать за движением эклиптики.

Очевидно, что положения всех небесных тел подвержены влиянию прецессии и нутации. Их долготы, рассчитанные по точке равноденствия, увеличиваются за счет прецессии; но, поскольку она одинаково влияет на все тела, она не приводит к изменению их взаимного положения. Как небесные широты, так и долготы изменяются в небольшой степени в результате нутации; следовательно, все наблюдения должны быть скорректированы с учетом этих неравенств. Вследствие этого реального движения земной оси полярная звезда, входящая в состав созвездия Малой Медведицы, которая раньше находилась на расстоянии 12° от полюса неба, теперь находится в пределах $1^\circ 24'$ от него и будет продолжать приближаться к нему, пока не окажется в пределах $\frac{1}{2}^\circ$, после чего она будет удаляться от полюса целую вечность; и через 12 934 года звезда α Lyr пройдет на расстоянии 5° от полюса неба и станет полярной звездой северного полушария.

РАЗДЕЛ XII.

Среднее и кажущееся звездное время—Среднее и кажущееся солнечное время—Уравнение времени—Английское и французское деление времени—Високосный год—Христианская эра—Равноденстворное время—Примечательные эпохи в зависимости от положения Солнечного перигея—Неравенство длин сезонов в двух полушариях—Применение астрономии к хронологии—Английские и французские стандарты мер и весов.

Астрономия нашла непосредственное и существенное применение в создании неизменных стандартов для измерения продолжительности, расстояния, звездной величины и скорости. Средние звездные сутки, измеряемые временем, прошедшим между двумя последовательными прохождениями любой звезды по одному и тому же меридиану (N. 148), и средний звездный год, который представляет собой время, включенное между двумя последовательными возвращениями солнца к одной и той же звезде, являются неизменяемыми единицами, с которыми сравниваются все большие периоды времени; колебания изохронного маятника измеряют его меньшие части. Только по этим неизменным стандартам мы можем судить о медленных изменениях, которым могли подвергнуться другие элементы системы. Кажущееся звездное время, которое измеряется прохождением точки равноденствия на меридиане любого места, является переменной величиной, зависящей от эффектов прецессии и нутации. Часы, показывающие видимое звездное время, используются для наблюдений и отрегулированы таким образом, что они показывают $0^h 0^m 0^s$ в тот момент, когда точка равноденствия проходит меридиан обсерватории. А поскольку время является мерой углового движения, часы определяют расстояния небесных тел от точки равноденствия, отслеживая момент, в который каждое из них проходит меридиан, и преобразуя интервал в дуги со скоростью 15° в час.

Возвращение солнца на меридиан и в одну и ту же точку равноденствия или солнцестояния было повсеместно принято в качестве меры наших гражданских дней и лет. Солнечные или астрономические сутки - это время, которое проходит между двумя последовательными полуднями или полуночами. Следовательно, он длиннее звездных суток из-за собственного движения солнца во время обращения небесной сферы. Но поскольку зимой солнце движется с

большой скоростью, чем в день летнего солнцестояния, астрономический день летом более близок к звездному дню, чем зимой. Наклон эклиптики также влияет на ее продолжительность; поскольку вблизи равноденствий дуга экватора меньше соответствующей дуги эклиптики, а в дни солнцестояний она больше (N. 149). Следовательно, астрономический день уменьшается в первом случае и увеличивается во втором. Если бы солнце равномерно перемещалось по экватору со скоростью $59' 8'' \cdot 33$ каждый день, все солнечные дни были бы равны.

Следовательно, время, отсчитываемое по прибытию воображаемого солнца на меридиан или того, которое, как предполагается, равномерно движется по экватору, называется средним солнечным временем и определяется часами в обычной жизни. Когда оно отсчитывается по прибытию реального солнца на меридиан, это истинное или кажущееся время, которое определяется циферблатами. Разница между временем, показываемым часами, и циферблатом - это уравнение времени, приведенное в Морском альманахе, иногда составляющее целых шестнадцать минут. Видимое и среднее время совпадают четыре раза в году; когда суточное движение солнца по прямому восходу равно $59' 8'' \cdot 33$ в среднем солнечном дне, что происходит примерно 16 апреля, 16 июня, 1 сентября и 25 декабря.

Астрономический день начинается в полдень, но по общепринятому летоисчислению день начинается в полночь. В Англии он делится на двадцать четыре часа, которые отсчитываются от двенадцати до двенадцати; но во Франции астрономы, приняв десятичное деление, делят сутки на десять часов, час на сто минут, а минуту на сто секунд из-за простоты вычислений и в соответствии с их десятичной системой мер и весов. Это деление сейчас не используется в повседневной жизни и не было принято ни в одной другой стране; и хотя некоторые ученые авторы во Франции все еще используют это деление времени, этот обычай начинает изживать себя. В какой-то период Французской революции часы в садах Тюильри были переведены так, чтобы показывать десятичное время. Средняя продолжительность суток, хотя и определена точно, недостаточна ни для целей астрономии, ни для гражданской жизни. Тропический или гражданский год продолжительностью $365^d \cdot 5^h \cdot 48^m \cdot 49^s \cdot 7$, который представляет собой время, прошедшее между последовательными возвращениями солнца к средним точкам равноденствия или солнцестояния, включая все смены времен года, является естественным циклом, особенно подходящим по продолжительности. Оно рассчитывается исходя из дня зимнего солнцестояния, середины долгой ежегодной ночи под северным полюсом. Но хотя продолжительность гражданского года указана природой как мера длительных периодов, несоизмеримость, существующая между продолжительностью дня и оборотом солнца, затрудняет корректировку оценки того и другого в целых числах. Если бы оборот солнца совершался за 365 дней, все годы состояли бы из точно такого же количества дней и начинались и заканчивались бы солнцем в одной и той же точке эклиптики. Но поскольку оборот солнца составляет долю суток, гражданский год и оборот солнца имеют разную продолжительность. Поскольку эта доля составляет почти четверть суток, за четыре года она почти равна обороту солнца, так что добавление дополнительного дня каждый четвертый год почти компенсирует разницу. Но со временем потребуются дальнейшая коррекция, потому что доля составляет менее четверти дня. Фактически, если виссекстиль будет подавлен в конце трех из четырех столетий, определенный таким образом год будет лишь на очень малую долю дня превышать истинный год; и если в дополнение к этому виссекстиль будет подавляться каждые 4000 лет, продолжительность года будет почти равна той, которая дана наблюдениями. Если бы этой дробью пренебрегли, начало года предшествовало бы началу тропического года, так что оно проходило бы ретроградно через разные сезоны в течение примерно 1507 лет.

Египетский год начинался с гелиакического восхода Сириуса (150 н.э.) и состоял всего из 365 дней, на которые они теряли один год каждые 1461 год, их сотский период, или тот цикл, в котором гелиакический восход Сириуса проходит через весь год и повторяется в тот же день. Деление года на месяцы очень старое и почти универсальное. Но семидневный период, безусловно, самое постоянное деление времени и самый древний памятник астрономических знаний, использовался браминами в Индии с теми же обозначениями, что и у нас, и был одинаково обнаружен в календарях евреев, египтян, арабов и ассирийцев. Она пережила падение империй и существовала среди всех последующих поколений, что является доказательством их общего происхождения.

Днем новолуния, следующего сразу за днем зимнего солнцестояния в 707-м году правления Рима, было установлено 1 января первого года правления Юлия Цезаря. 25 декабря его сорок пятого года считается датой рождения Христа, а сорок шестой год по Юлианскому календарю считается первым годом нашей эры. Хронологи называют предыдущий год первым годом до Рождества Христа, но астрономы называют его 0 годом. Астрономический год начинается 31 декабря в полдень; и дата наблюдения выражает дни и часы, которые фактически прошли с этого времени.

Поскольку солнечное и звездное время определяется по прохождению солнца и точки равноденствия через меридиан в каждом месте, часы в разных местах разные: в то время как в одном месте час дня, в другом - два, в третьем - три и т. Д.; Ибо очевидно, что в одной части земного шара полдень в тот же момент, когда в другой, диаметрально противоположной ему, полночь: следовательно, событие, происходящее в один и тот же момент абсолютного времени, регистрируется в разных местах как произошедшее в разное время. Поэтому, когда необходимо сравнить наблюдения, сделанные в разных местах, они должны быть сведены путем вычислений к тому, какими они были бы, если бы были сделаны под одним и тем же меридианом. Чтобы избежать этого, сэр Джон Гершель предложил использовать среднее время равноденствия, которое одинаково для всего мира и в равной степени не зависит от местных условий и неравномерности движения солнца. Это время, прошедшее с момента, когда среднее солнце войдет в точку среднего весеннего равноденствия, и исчисляется в средних солнечных днях и частях суток.

Некоторые замечательные астрономические эпохи определяются положением большой оси солнечного эллипса, которое зависит от прямого движения перигея (н.э. 102) и одновременной прецессии равноденствий, годовое движение одной из которых составляет $11'' \cdot 8$, а другой $50'' \cdot 1$. Следовательно, ось, движущаяся со скоростью $61'' \cdot 9$ в год, совершает тропический оборот за 209·84 года. Это совпало с линией равноденствий за 4000 или 4089 лет до христианской эры, что примерно соответствует времени, которое хронологи отводят для сотворения человека. В 6483 году большая ось снова совпадет с линией равноденствий; но тогда солнечный перигей совпадет с осенним равноденствием, тогда как при сотворении человека он совпадал с весенним равноденствием. В 1246 году большая ось была перпендикулярна линии равноденствий; тогда солнечный перигей совпадал с летним солнцестоянием, а апогей - с зимним солнцестоянием. По словам Ла Плейса, который вычислил эти периоды на основе разных данных, последнее совпадение произошло в 1250 году нашей эры, что побудило его предложить этот год в качестве универсальной эпохи, а весеннее равноденствие 1250 года - в первый день первого года. Эти эпохи можно рассматривать только как приблизительные,

поскольку древние наблюдения слишком неточны, а современные наблюдения слишком свежи, чтобы предоставить данные для их точного определения.

Изменение положения солнечного эллипса вызывает соответствующие изменения в продолжительности сезонов. В своем нынешнем положении весна короче лета, а осень длиннее зимы; и хотя солнечный перигей продолжается таким, какой он есть сейчас, между зимним солнцестоянием и весенним равноденствием период, включающий весну и лето, будет длиннее периода, включающего осень и зиму. В этом столетии разница составляет от семи до восьми дней. Интервалы будут равны к 6483 году, когда перигей совпадет с весенним равноденствием; но, когда он пройдет эту точку, весна и лето, взятые вместе, будут короче периода, включающего осень и зиму (N. 151). Эти изменения произойдут в ходе тропического оборота большой оси земной орбиты, который включает интервал в 20 984 года. Если бы орбита была круговой, времена года были бы равны; их разница возникает из-за эксцентриситета орбиты, каким бы незначительным он ни был; но изменения настолько незначительны, что незаметны за короткий промежуток человеческой жизни.

Ни одно обстоятельство во всей науке астрономии не вызывает более глубокого интереса, чем ее применение к хронологии. “Целые народы, ” говорит Ла Плейс, “ были сметены с лица земли вместе с их языками, искусствами и науками, оставив лишь беспорядочные груды руин на месте, где стояли могущественные города; их история, за исключением нескольких сомнительных преданий, погибла; но совершенство их астрономических наблюдений указывает на их глубокую древность, фиксирует периоды их существования и доказывает, что даже в то раннее время они, должно быть, достигли значительного прогресса в науке”. Древнее состояние небес теперь может быть вычислено с большой точностью; и, сравнивая результаты вычислений с древними наблюдениями, можно проверить точный период, в который они были сделаны, если они верны, или, если они ложны, можно обнаружить их ошибку. Если дата будет точной, а наблюдения хорошими, это подтвердит точность современных таблиц и покажет, на сколько столетий их можно продлить, не опасаясь ошибки. Несколько примеров покажут важность предмета.

В дни солнцестояний солнце находится на наибольшем расстоянии от экватора; следовательно, его склонение в это время равно наклону эклиптики (N. 152), который ранее определялся по меридианной длине тени от перекладины циферблата в день солнцестояния. Записано, что длина меридианной тени в дни летнего и зимнего солнцестояний наблюдалась в городе Лаян в Китае за 1100 лет до христианской эры. Из них известны расстояния солнца от зенита (N. 153) города Лаянг (Layang). Половина суммы этих зенитных расстояний определяет широту, а половина их разницы дает наклон эклиптики в период наблюдения; и, поскольку закон изменения наклона известен, и время, и место наблюдений были проверены вычислениями по современным таблицам. Таким образом, китайцы достигли определенных успехов в науке астрономии в тот ранний период. Вся их хронология основана на наблюдениях затмений, которые доказывают существование этой империи более 4700 лет. Эпоха лунных таблиц индейцев, предполагаемая Байи за 3000 лет до христианской эры, была доказана Ла Пласом, исходя из ускорения Луны, что она не более древняя, чем времена Птолемея, который жил во втором веке после нее. Великое неравенство Юпитера и Сатурна, цикл которых охватывает 918 лет, особенно подходит для обозначения цивилизации народа. Индийцы определили среднее движение этих двух планет в ту часть их периодов, когда кажущееся среднее движение Сатурна было самым медленным, а Юпитера - самым быстрым. Периоды, в

которые это происходило, были за 3102 года до христианской эры и в 1491 году после нее. Возвращение комет в их перигелий, возможно, укажет на нынешнее состояние астрономии для будущих эпох.

На расположение неподвижных звезд влияет прецессия точек равноденствий; и, поскольку закон этого изменения известен, их положения в любой момент времени могут быть вычислены. Теперь Евдокс, современник Платона, упоминает звезду, расположенную на полюсе экватора, и из расчетов следует, что χ Драконис был не очень далеко от этого места около 3000 лет назад; но, поскольку с тех пор, как жил Евдокс, прошло всего около 2150 лет, он, должно быть, описал предыдущее состояние небес, предположительно такое же, о котором упоминал Хирон во время осады Трои. Таким образом, все обстоятельства указывают на то, что астрономия культивировалась в высшие века древности.

Возможно, что знание астрономии может привести к интерпретации иероглифических символов. Астрономические знаки часто встречаются на древнеегипетских памятниках, вероятно, использовавшихся жрецами для записи дат. Автору довелось быть свидетелем примера этого интереснейшего применения астрономии при установлении даты на папирусе, присланном из Египта мистером Солтом, в иероглифических исследованиях покойного доктора Томаса Янга, чьи глубокие и разнообразные познания делают честь его стране и эпохе, в которую он жил. Рукопись была найдена в футляре для мумии; оказалось, что это гороскоп эпохи Птолемея, и его дата была определена по конфигурации небес на момент его создания.

Форма земли служит эталоном мер и весов для обычных жизненных целей, а также для определения масс и расстояний небесных тел. Продолжительность колебаний маятника в секундах среднего солнечного времени на широте Лондона составляет стандарт британской меры протяженности. Его приблизительная длина, колеблющаяся в вакууме при температуре 62° по Фаренгейту и приведенная к уровню моря (N. 154), была определена капитаном Кейтером как 39·1393 дюйма. Вес кубического дюйма воды при температуре 62° по Фаренгейту, барометр 30 дюймов, также определялся в частях имперского тройского фунта, откуда был выведен стандарт как веса, так и вместимости. Французы приняли метр, равный $3 \cdot 2808992$ английским футам, за свою единицу линейной меры, которая представляет собой десятимиллионную часть дуги меридиана, простирающегося от экватора до полюса, как определено из мер отдельной дуги, простирающейся от Форментеры, самого южного из Балеарских островов, до Дюнкерка. Если национальные стандарты двух стран когда-либо будут утрачены, оба стандарта могут быть восстановлены, поскольку они являются производными от естественных и неизменных стандартов. Длина меры, выведенной из меры маятника, была бы найдена снова с большей легкостью, чем мера. Но, поскольку ни одна мера не является математически точной, ошибка в исходном стандарте может со временем стать ощутимой при измерении значительной протяженности, тогда как ошибка, которая обязательно должна возникнуть при измерении квадранта меридиана (N. 155), становится совершенно незаметной при делении на десятимиллионные доли. Французы приняли десятичное деление не только во времени, но также в градусах, весах и мерах из-за очень большого удобства, которое оно предоставляет в вычислениях. Он не был принят ни в одной другой стране, хотя нет ничего более желательного, чем то, чтобы все страны согласились использовать одни и те же стандарты не только из-за удобства, но и как дающие более определенное представление о количестве. Удивительно, что десятичное деление суток, пространства, весов и мер использовалось в Китае 4000 лет назад; и что в то время, когда Ибн Джунис проводил свои наблюдения в Каире, примерно в 1000 году

христианской эры, у арабов была привычка использовать колебания маятника в своих астрономических наблюдениях в качестве меры времени.

РАЗДЕЛ XIII.

Приливы —Силы, которые их вызывают—Происхождение и течение приливной волны—Ее скорость—Три вида колебаний в океане—Полусуточные приливы—Равноденственные приливы—Влияние склонения Солнца и Луны—Теория недостаточна без наблюдения—Направление приливной волны—Высота приливов—Масса Луны, полученная в результате ее воздействия на приливы—Интерференция волн—Невозможность универсального затопления—Течения.

Одним из наиболее непосредственных и замечательных эффектов внешней по отношению к земле силы тяготения является попеременный подъем и опускание поверхности моря дважды в течение лунных суток, или $24^{\text{ч}} 50^{\text{м}} 28^{\text{с}}$ среднего солнечного времени. Поскольку она зависит от действия солнца и Луны, ее относят к астрономическим задачам, из которых она, безусловно, самая сложная, а ее объяснение наименее удовлетворительное. Форма поверхности океана в состоянии равновесия при вращении земли вокруг своей оси представляет собой эллипсоид, сплюснутый у полюсов; но действие солнца и Луны, особенно луны, нарушает равновесие океана. Если бы Луна притягивала центр тяжести земли и все ее частицы равными и параллельными силами, вся система земли и покрывающие ее воды подчинялись бы этим силам с общим движением, и равновесие морей оставалось бы ненарушенным. Разница сил и неравенство их направлений сами по себе нарушают равновесие.

Частицы воды под Луной притягиваются сильнее, чем центр тяжести Земли, в обратном отношении к квадрату расстояния. Следовательно, они имеют тенденцию покидать землю, но удерживаются своим притяжением, которое уменьшается из-за этой тенденции. Напротив, Луна притягивает центр земли сильнее, чем она притягивает частицы воды в противоположном ей полушарии; так что земля имеет тенденцию покидать воды, но удерживается гравитацией, которая снова уменьшается из-за этой тенденции. Таким образом, воды, находящиеся непосредственно под Луной, черпаются из земли, в то же самое время, когда земля черпается из тех, которые диаметрально противоположны ей, в обоих случаях вызывая возвышение океана почти на одинаковую высоту над поверхностью равновесия; ибо уменьшение гравитации частиц в каждом положении почти одинаково из-за того, что расстояние до Луны велико по сравнению с радиусом земли. Если бы земля была полностью покрыта морем, воды, притягиваемые таким образом Луной, приняли бы форму продолговатого сфероида, большая ось которого была бы направлена к Луне; поскольку столбы воды под Луной и в направлении, диаметрально противоположном ей, становятся легче вследствие уменьшения их силы тяжести; и, чтобы сохранить равновесие, оси, удаленные на 90° , были бы укорочены. Высота, из-за меньшего пространства, которым он ограничен, в два раза больше впадины, потому что содержимое сфероида всегда остается неизменным. Если бы воды были способны мгновенно принимать форму равновесия, то есть форму сфероида, его вершина всегда указывала бы на

Луну, несмотря на вращение Земли. Но из-за их сопротивления быстрое движение, производимое в них вращением, не позволяет им принимать в каждый момент форму, которой требует равновесие действующих на них сил. Следовательно, из-за инерции вод, если рассматривать приливы относительно всей земли и открытых морей, существует меридиан примерно на 30° восточнее Луны, где всегда высокая вода как в том полушарии, где находится Луна, так и в том, которое расположено напротив. На западной стороне этого круга начинается прилив, на восточной - отлив, и на каждой части меридиана на расстоянии 90° от него наблюдается отлив. Эта огромная волна, которая следует за всеми движениями Луны, насколько позволяет вращение земли, видоизменяется под действием солнца, воздействие притяжения которого во всех отношениях подобно воздействию Луны, хотя и значительно в меньшей степени. Следовательно, подобная волна, но гораздо меньшая, поднимаемая солнцем, имеет тенденцию следовать за его движениями, которые иногда сочетаются с лунной волной, а иногда противостоят ей, в зависимости от взаимного расположения двух светил; но поскольку лунная волна лишь немного видоизменяется солнечной, приливы обязательно должны происходить дважды в день, поскольку вращение земли за это время дважды подводит одну и ту же точку под меридиан Луны, один раз под верхний и один раз под нижний меридиан.

Периодические движения вод океана, согласно гипотезе об эллипсоиде вращения, полностью покрытом морем, однако, очень далеки от соответствия наблюдениям. Это происходит из-за больших неровностей поверхности земли, которая лишь частично покрыта морем, из-за разнообразия глубин океана, способа, которым он распространен на земле, положения и наклона берегов, течений и сопротивления, с которым сталкиваются воды: причины, которые невозможно оценить в целом, но которые изменяют колебания огромной массы океана. Однако, несмотря на все эти неровности, приливы и отливы моря сохраняют соотношение с вызывающими их силами, достаточное для указания их природы и подтверждения закона притяжения солнца и луны к морю. Ла Плейс отмечает, что исследование таких отношений между причиной и следствием не менее полезно в натурфилософии, чем прямое решение проблем, либо для доказательства существования причин, либо для прослеживания законов их следствий. Подобно теории вероятностей, это удачное дополнение к невежеству и слабости человеческого разума.

Поскольку возмущающее действие солнца и луны может стать ощутимым только на очень большой глубине, Антарктический океан является источником и зарождением наших приливов. Последовательность приливных волн из этого источника следует одна за другой в северо-западном направлении вниз по Тихому и Атлантическому океанам, изменяясь по мере их прохождения в зависимости от глубины воды и формы берегов. Ибо, когда солнце и луна находятся на одном меридиане и проходят над массой вод, лежащей к востоку от Земли Ван-Димена, Новой Зеландии, и Южного полюса, результирующая сила их совместного притяжения, проникая в бездну глубокого и безграничного контура Южного океана, поднимает огромную волну или гребень воды, которая стремится следовать за светилами на север и запад и продолжает течь в этом направлении еще долго после того, как тела перестают воздействовать на нее; но это настолько замедляется вращением земли и инерцией воды, что она не достигает дна Южного океана. разные части побережья до захода Луны на юг (N. 156). Когда эта приливная волна покидает Антарктический океан и входит в Тихий, она устремляется вдоль западного побережья Америки к своему самому дальнему концу, но ей так сильно мешает множество островов посреди этого океана, что она едва заметна среди них; в то время как на востоке она входит в Индийский океан, с силой обрушивается на побережья Индостана и

берега в устьях Ганга и вызывает ужасную бурю в Хугли. Та часть этой приливной волны, которая выходит в Атлантику, стремительно проходит вдоль берегов Африки и Америки, прибывая в каждое место все позже и позже. Однако она изменяется приливом, поднимающимся в Атлантике, которая глубока и свободна от островов; и эта объединенная приливная волна, все еще идущая на север, изливает свой прилив в залив Фанди на высоту пятидесяти футов; затем, отклоняясь берегом Америки под прямым углом, она устремляется на восток, принося половодье к западным берегам Ирландии и Англии. Затем он огибает Шотландию, приносит половодье в Абердин и к противоположным берегам Норвегии и Дании и, продолжая свой путь на юг, достигает устья Темзы и заполняет русла этой реки утром третьего дня после выхода из Антарктического океана.

Таким образом, приливы и отливы в наших портах возникают из-за импульса вод антарктических морей, вызванного действием солнца и луны. Несомненно, аналогичное действие вызвало прилив в Северном Полярном океане, который доктор Кейн наблюдал у северного побережья Гренландии на 82° северной широты, но который в нынешнем состоянии земного шара ограничен полосами льда и скованными льдом землями.

Приливная волна распространяется до дна океана и движется равномерно и с большой скоростью на очень большой глубине, изменчиво и медленно на мелководье; время распространения зависит от глубины моря, а также от характера и формы берегов. Она изменяется обратно пропорционально квадрату глубины — закон, который теоретически дает возможность установить пропорциональную глубину моря в различных частях. Это одна из величайших констант природы, которая для жидкостей является тем же, чем маятник для твердых тел, — связующим звеном между временем и силой.

Например: приливная волна движется по Южному океану со скоростью 1000 миль в час, а в Атлантике она едва ли меньше из-за глубокой впадины, проходящей через центр этого океана; но море у британского побережья настолько мелкое, что на то, чтобы добраться из Абердина в Лондон, требуется больше времени, чем на то, чтобы преодолеть дугу в 120° между 60° Южной широты и 60° северной широты.

На большой глубине приливная волна - это просто подъем и опускание поверхности; вода не движется вперед, хотя волна движется. Действительно, если бы такое тяжелое тело, как вода, двигалось со скоростью 1000 миль в час, это вызвало бы всеобщие разрушения, поскольку во время самых сильных ураганов скорость ветра составляет немногим более 100 миль в час. Кроме того, очевидно, что ни одно судно не могло бы ни плыть, ни плыть на пару против него. Однако, когда вода мелкая, в воде происходит перемещение вместе с приливом.

В глубоководных слоях океана волнообразное движение состоит из двух различных элементов — движущейся формы и молекулярного движения. Движение каждой частицы воды происходит по эллипсу, полностью лежащему в вертикальной плоскости; так что после кратковременного смещения во время прохождения волны они снова возвращаются на свои места. Соппротивление морского дна на большой глубине незаметно; но когда приливная волна, которая распространяется до самого дна океана, выходит на мелководье с меньшей скоростью, частицы воды, движущиеся по вертикальным эллипсам, ударяются о дно, и в ответ волна поднимается выше; и это постоянно повторяется, по мере движения формы волна поднимается все выше и выше, наклоняется все больше и больше вперед, пока, наконец, не потеряет равновесие, и тогда и форма, и вода накатываются на берег, и эллиптические траектории

частиц, которые на большой глубине были вертикальными, наклоняются все больше и больше. , пока, наконец, они не станут горизонтальными. Расстояние от берега, на котором вода начинает прибывать, зависит от глубины, характера побережья и формы берега. Мистер Скотт Рассел продемонстрировал, что на мелководье скорость волны равна скорости, которую тяжелое тело, свободно падающее под действием силы тяжести, приобрело бы, пройдя половину глубины жидкости.

Повседневным опытом, а также строгими математическими рассуждениями доказано, что, если в жидкости под действием различных сил возбуждается несколько волн или колебаний, каждое из них движется своим чередом и оказывает свое действие независимо от остальных. Итак, в приливах и отливах есть три вида колебаний, зависящих от различных причин и производящих свои эффекты независимо друг от друга, которые, следовательно, могут быть оценены отдельно. Колебания первого рода, которые очень малы, не зависят от вращения земли, и, поскольку они зависят от движения возмущающего тела по его орбите, они имеют большие периоды. Второй вид колебаний зависит от вращения земли, поэтому их период составляет почти сутки. Колебания третьего рода изменяются на угол, равный удвоенному угловому вращению земли, и, следовательно, происходят дважды за двадцать четыре часа (N. 157). Первые не представляют особого интереса и чрезвычайно малы; но разница в двух последовательных приливах зависит от второго. Во время солнцестояний эта разница, которая, согласно теории Ньютона, должна быть очень велика, вряд ли ощутима на наших берегах. Ла-Плейс показал, что расхождение возникает из-за глубины моря, и что если бы глубина была одинаковой, не было бы никакой разницы в последовательных приливах, кроме той, которая вызвана местными обстоятельствами. Отсюда следует, что, поскольку эта разница чрезвычайно мала, море, рассматриваемое на большом протяжении, должно иметь почти одинаковую глубину, то есть существует определенная средняя глубина, от которой отклонение невелико. Предполагается, что средняя глубина Тихого океана составляет около четырех-пяти миль, а Атлантического - всего три-четыре, что, однако, является всего лишь предположением. Возможно, большая протяженность и равномерно малая глубина Атлантического океана над телеграфной платформой могут помешать различию рассматриваемых колебаний быть заметными у наших берегов. Из формул, определяющих разницу этих последовательных приливов, доказывається, что прецессия равноденствий и нутация земной оси такие же, как если бы море составляло с землей одну сплошную массу.

Колебания третьего рода - это полусуточные приливы, столь замечательные на наших побережьях. В них особенно следует различать два явления, одно из которых происходит дважды в месяц, другое дважды в год.

Первое явление состоит в том, что приливы значительно усиливаются в сизигии (N. 158), или во время новолуния и полнолуния: в обоих случаях солнце и луна находятся на одном меридиане; ибо когда луна новолуние, они находятся в соединении, а когда она полная, они находятся в оппозиции. В каждом из этих положений их действие комбинируется, чтобы вызвать самые высокие или весенние приливы под этим меридианом и самые низкие в тех точках, которые удалены друг от друга на 90° . Замечено, что чем выше поднимается уровень моря во время прилива, тем ниже он бывает во время отлива. Приливы неар происходят, когда луна находится в квадратуре. Они не поднимаются так высоко и не опускаются так низко, как весенние приливы. Очевидно, что весенние приливы должны происходить дважды в месяц, поскольку в это время луна бывает новолунием и полнолунием. Теория доказывает, что каждый частичный

прилив увеличивается как куб параллакса или видимого диаметра тела, его вызывающего, ибо чем больше видимый диаметр, тем ближе тело и тем интенсивнее его воздействие на море; следовательно, весенние приливы значительно усиливаются, когда Луна находится в перигее, поскольку тогда она ближе всего к земле.

Вторым явлением приливов является усиление, происходящее во время равноденствий, когда склонение солнца равно нулю (N. 159), что происходит дважды в год. Весенние приливы, происходящие в это время, часто значительно усиливаются равноденственными штормами, и, согласно гипотезе о том, что вся земля покрыта океаном, были бы максимально возможными, если бы линия узлов Луны совпадала с линией ее перигея, ибо тогда все действие светил происходило бы в плоскости экватора. Но поскольку Антарктический океан является источником приливов, очевидно, что весенний прилив должен быть наибольшим, когда луна находится в перигее и когда оба светила имеют наибольшее южное склонение, поскольку тогда они наиболее непосредственно воздействуют на большую цепь южных полярных морей.

Солнце и луна постоянно совершают кругооборот по небу на разном расстоянии от плоскости экватора из-за наклона эклиптики и лунной орбиты. Луне требуется около $29\frac{1}{2}$ дней, чтобы пройти все ее склонения, которые иногда простираются на $28\frac{3}{4}^\circ$ с каждой стороны экватора, в то время как солнцу требуется почти $365\frac{1}{4}$ дня, чтобы совершить свое движение через $23\frac{1}{2}^\circ$ с каждой стороны одной и той же плоскости, так что их совместное действие вызывает большие колебания приливов и отливов. Как высота, так и время половодья постоянно меняются, и, хотя проблема не допускает общего решения, необходимо проанализировать явления, которые должны возникать из-за притяжения солнца и Луны, но результат должен быть скорректирован в каждом конкретном случае с учетом местных условий, так что теория приливов в каждом порту действительно становится предметом эксперимента и может быть определена только с помощью огромного количества наблюдений, включая множество оборотов узлов Луны.

Средняя высота приливов будет увеличиваться на очень малую величину в последующие века вследствие уменьшения среднего расстояния Луны от земли; по истечении этого периода произойдет обратный эффект, и среднее расстояние до Луны снова начнет увеличиваться, что будет продолжать происходить в течение многих веков. Таким образом, среднее расстояние до Луны и, как следствие, незначительное увеличение высоты приливов будут вечно колебаться в пределах установленных пределов.

Высота, на которую поднимаются приливы, намного больше в узких каналах, чем в открытом море, из-за препятствий, с которыми они встречаются. Уровень моря в Британском проливе настолько высок, что у Сен-Мало, на побережье Франции, приливы иногда достигают пятидесяти футов, тогда как у берегов некоторых островов Южного моря, недалеко от центра Тихого океана, они не превышают одного-двух футов. Ветры оказывают большое влияние на высоту приливов, в зависимости от того, сговариваются они с ними или противостоят им. Но фактический эффект ветра в возбуждении волн океана распространяется очень незначительно ниже поверхности. Даже во время самых сильных штормов вода, вероятно, спокойна на глубине девяноста или ста морских саженей. Океанская приливная волна не достигает ни Средиземного, ни Балтийского морей, частично из-за их расположения, а частично из-за узости Гибралтарского и Катагатского проливов, но она очень ощутима в Красном море и Гудзоновом заливе. Приливы и отливы моря заметны в реках на очень большом расстоянии от их устьев. В узких проливах Пауксиса, на реке Амазонк, более чем в пятистах милях от моря,

заметны приливы и отливы. Требуется так много дней, чтобы прилив поднялся по этому могучему потоку, что возвращающиеся приливы встречают череду тех, которые поднимаются; так что в той или иной части его берегов происходит всевозможное разнообразие, как по величине, так и по времени. Требуется очень большое водное пространство, чтобы аккумулировать импульс солнца и луны, чтобы сделать их влияние ощутимым; по этой причине приливы в Средиземном и Черном морях едва заметны.

Эти постоянные волнения в водах вызваны силами, которые имеют очень малую долю по сравнению с земным притяжением: воздействие солнца на поднятие уровня океана составляет всего $\frac{1}{38448000}$ силы тяжести на поверхности Земли, а действие Луны немногим более чем в два раза больше; эти силы находятся в соотношении 1 к 2,35333, когда солнце и луна находятся на своих средних расстояниях от земли. Исходя из этого соотношения, оказывается, что масса Луны составляет всего $\frac{1}{75}$ от массы Земли. Если бы воздействие солнца на океан было точно таким же, как воздействие Луны, не было бы приливов и отливов, а весенние приливы были бы вдвое большей высоты, чем воздействие солнца или луны по отдельности — явление, зависящее от взаимодействия волн.

Камень, брошенный в бассейн со стоячей водой, вызывает серию волн, которые продвигаются по поверхности, хотя сама вода не продвигается вперед, а только поднимается в высоту и опускается во впадины, причем каждая часть поверхности, в свою очередь, поднимается и опускается. Другой камень того же размера, брошенный в воду рядом с первым, вызовет аналогичную волну. Затем, если одинаковая волна от каждого камня придет в одно и то же место в одно и то же время, так что высота одного камня точно совпадет с высотой другого, их объединенный эффект произведет волну, вдвое превышающую любой из них. Но если одна волна опережает другую ровно на половину волны, высота одной будет совпадать с углублением другой, а углубление одной - с высотой другой; и волны будут настолько полностью уничтожать друг друга, что поверхность воды останется гладкой и ровной. Следовательно, если длина каждой волны будет представлена 1, они будут уничтожать друг друга с интервалами в $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$ и т. Д., И будут объединять свои эффекты с интервалами 1, 2, 3 и т. Д. Согласно этому принципу, когда стоячая вода нарушается падением двух одинаковых камней, будет обнаружено, что на ее поверхности имеются определенные линии гиперболической формы, где вода гладкая вследствие того, что волны стирают друг друга, и что высота воды в смежных частях соответствует обеим объединенным волнам (N. 160). Итак, в случае весеннего и приливного приливов, возникающих в результате сочетания простых солилунных волн, весенний прилив является совместным результатом комбинации, когда они совпадают по времени и месту; а приливный прилив случается, когда они следуют друг за другом с интервалом в половину интервала, так что остается ощутимым только эффект их различия. Следовательно, очевидно, что, если бы солнечные и лунные приливы были одинаковой высоты, не было бы никакой разницы, следовательно, не было бы и приливов неар, а весенние приливы были бы в два раза выше, чем по отдельности. В порту Батша в Тонкине, куда приливы прибывают по двум каналам длиной, соответствующей половине интервала, нет ни прилива, ни отлива из-за интерференции волн.

Первоначальное состояние океана не оказывает влияния на приливы; ибо, какими бы ни были его первобытные условия, они должны были вскоре исчезнуть из-за трения и подвижности жидкости. Одним из наиболее примечательных обстоятельств в теории приливов является уверенность в том, что вследствие того, что плотность моря составляет всего одну пятую от

средней плотности земли, а сама земля увеличивается в плотности к центру, стабильность равновесия океана никогда не может быть нарушена какой-либо физической причиной. Следовательно, общее затопление, возникающее из-за простой нестабильности океана, невозможно. Однако различные обстоятельства имеют тенденцию вызывать частичные изменения в равновесии морей, которое восстанавливается с помощью течений. Ветры и периодическое таяние льдов на полюсах вызывают временные водотоки; но, безусловно, наиболее важными причинами являются центробежная сила, вызванная скоростью вращения Земли, и колебания плотности моря.

Центробежную силу можно разделить на две силы — одну перпендикулярную, а другую касательную к поверхности земли (N. 161). Касательная сила, хотя и небольшая, достаточна для того, чтобы частицы жидкости в пределах полярных кругов стремились к экватору, и эта тенденция значительно усиливается из-за огромного испарения в экваториальных областях от солнечного тепла, которое нарушает равновесие океана. К этому можно также добавить превосходящую плотность вод вблизи полюсов из-за их низкой температуры. В результате сочетания всех этих обстоятельств два больших течения постоянно направляются от каждого полюса к экватору. Но так как они прибывают из широт, где вращательное движение поверхности земли гораздо меньше, чем между тропиками, то из-за своей инерции они не сразу приобретают скорость, с которой твердая часть земной поверхности вращается в экваториальных областях; отсюда следует, что в пределах двадцати пяти или тридцати градусов с каждой стороны от линии океан имеет общее движение с востока на запад, которое значительно усиливается действием пассатов. Как в Тихом, так и в Атлантическом океанах течения огромной величины отклоняются континентами и островами к северу и югу от этой могучей массы стремительных вод, которые передают тепло с экватора, чтобы смягчить суровость полярных регионов, в то время как для поддержания равновесия морей встречные течения холодной воды изливаются из полярных океанов и смешиваются с теплыми водами на линии, так что поддерживается постоянная циркуляция.

Айсберги иногда заносит из полярных морей до Азорских островов, а с южного полюса они добрались даже до мыса Доброй Надежды. Но лед, окружающий южный полюс, простирается до более низких широт на 10° , чем тот, что окружает северный. Из-за полярного течения сэра Эдвард Пэрри был вынужден отказаться от своей попытки достичь северного полюса в 1827 году, потому что ледяные поля дрейфовали на юг быстрее, чем его группа могла двигаться по ним на север.

Коцебу и сэр Джеймс Росс обнаружили слой постоянной температуры в океане на глубине, зависящей от широты: на экваторе она находится на глубине 7200 футов, откуда постепенно поднимается до выхода на поверхность в обоих полушариях примерно на широте $56^{\circ} 26'$, где вода имеет одинаковую температуру на всех глубинах; затем она опускается на 4500 футов ниже поверхности примерно на 70-й параллели как в Арктических, так и в Антарктических морях. Температура этой водной зоны составляет около $39^{\circ} \cdot 5$ по Фаренгейту.^[7] Он делит поверхность океана на пять больших температурных зон, а именно: среднюю область, в которой самая высокая средняя температура составляет 82° по Фаренгейту., две зоны умеренного климата, каждая по $39^{\circ} \cdot 5$ по Фаренгейту., и два полярных бассейна с температурой замерзания соленой воды.

РАЗДЕЛ XIV.

Молекулярные силы—Постоянство элементарных частиц вещества—Промежутки—Теория Моссотти—Теория молекулярных вихрей Рэнкина—Газы превращаются в жидкости под действием давления—Гравитация частиц—Когезия—Кристаллизация—Расщепление—Изоморфизм—Мельчайшие частицы—Высота атмосферы—Химическое сродство—Определенные пропорции и относительные веса атомов—Открытие Фарадея в отношении сродства—Капиллярное притяжение.

Колебания атмосферы и ее воздействие на лучи света, исходящие от небесных тел, связывают астрономическую науку с равновесием и движениями жидкостей и законами молекулярного притяжения. До сих пор рассматривалась та сила, которая действует на массы материи на ощутимых расстояниях; но теперь действие таких сил следует рассматривать как действие на незначительных расстояниях на элементарные молекулы материальных тел.

Все вещества состоят из совокупности материальных частиц, или молекул, которые слишком малы, чтобы их можно было увидеть любыми средствами, которые еще смогла изобрести человеческая изобретательность, и которые находятся намного за пределами нашего восприятия. Их нельзя ни создать, ни уничтожить; тела можно сжигать, но их частицы не расходуются — они просто высвобождаются из одной комбинации, чтобы войти в другую, и их особые свойства никогда не меняются; в какие бы комбинации они ни входили, они всегда и неизменно одни и те же.

Поскольку каждое известное вещество может быть уменьшено в объеме под действием давления, из этого следует, что частицы вещества фактически не соприкасаются, а разделены промежутками; и очевидно, что чем меньше промежутки между ними, тем больше плотность. В некоторых случаях эти пространства кажутся заполненными воздухом, о чем можно судить по тому, что некоторые полупрозрачные минералы и другие вещества становятся прозрачными при погружении в воду. Иногда они, возможно, содержат какую-то неизвестную и очень эластичную жидкость, такую, какую сэр Дэвид Брюстер обнаружил в мельчайших полостях различных минералов, которая иногда заставляет их взрываться под руками гранильщика; но поскольку непостижимо, чтобы частицы материи воздействовали друг на друга без каких-либо средств связи, предполагается, что промежутки материальных субстанций содержат часть эфирной среды, которой заполнены области пространства.

Различные гипотезы, которые были сформированы относительно природы и действия сил, объединяющих частицы материи, последовательно отвергались по мере развития науки, и в настоящее время ничего решающего достигнуто не было, хотя профессор Моссотти из Пизы с помощью очень умелого анализа попытался доказать идентичность силы сцепления с гравитацией. Поскольку частицы материальных тел фактически не соприкасаются, он предполагает, что каждое из них окружено атмосферой эфирной среды, которую он считает электричеством; более того, он предполагает, что атомы среды отталкиваются друг от друга, что частицы материи также отталкиваются друг от друга, но с меньшей интенсивностью, и что

между частицами материи и атомами среды существует взаимное притяжение, силы которого, как предполагается, изменяются обратно пропорционально квадрату расстояния.

Следовательно, когда материальные молекулы тела находятся незначительно близко друг к другу, они взаимно отталкиваются друг от друга с силой, которая быстро уменьшается по мере увеличения бесконечно малого расстояния между материальными молекулами и, наконец, исчезает. Когда молекулы находятся еще дальше друг от друга, сила притяжения становится сильнее. В той конкретной точке, где происходит изменение, силы отталкивания и притяжения уравнивают друг друга, так что молекулы тела не расположены ни приближаться, ни удаляться, а остаются в равновесии. Если мы пытаемся прижать их ближе, сила отталкивания сопротивляется этой попытке; а если мы пытаемся разрушить тело так, чтобы разорвать частицы на части, сила притяжения преобладает и удерживает их вместе. Это то, что составляет силу сцепления, или силу агрегации, с помощью которой соединяются молекулы всех веществ. Пределы расстояния, на котором отрицательное воздействие становится положительным, варьируются в зависимости от температуры и природы молекул и определяют, является ли тело, которое они образуют, твердым, жидким или воздухообразным.

За пределами этой нейтральной точки сила притяжения возрастает по мере увеличения расстояния между молекулами, пока не достигает максимума; когда частицы удаляются друг от друга, она уменьшается; и как только они оказываются разделенными конечными или ощутимыми расстояниями, она изменяется прямо пропорционально их массе и обратно пропорционально квадрату расстояния, что в точности соответствует закону всемирного тяготения.

Таким образом, исходя из гипотезы, что взаимное отталкивание между электрическими атомами немного сильнее, чем взаимное отталкивание между частицами материи, эфир и материя притягивают друг друга с неодинаковой интенсивностью, что оставляет избыток силы притяжения, составляющей гравитацию. Поскольку сила тяготения действует везде, где есть материя, эфирная электрическая среда должна охватывать все тела во вселенной; и поскольку совершенно непостижимо, чтобы небесные тела проявляли взаимное притяжение через пустоту, профессор приходит к выводу, что эфирная электрическая среда заполняет все пространство.

Верно, что эта связь между молекулярными силами и гравитацией зависит от гипотезы; но в большинстве физических исследований требуется какая-либо гипотеза, в первую очередь для того, чтобы помочь несовершенным нашим органам чувств; и когда явления природы согласуются с этим предположением, мы вправе полагать, что это общий закон.

Теория молекулярных вихрей мистера Рэнкина, или молекулярной структуры вещества, не зависит от электричества. Согласно его гипотезе, каждый атом материи состоит из незначительно маленького ядра, окруженного эластичной эфирной атмосферой, которая удерживается на своем месте силами притяжения, направленными к молекуле, в то время как молекулы притягивают друг друга в направлении прямых линий, соединяющих их центры. Ядра могут быть либо твердыми, либо представлять собой высокую конденсацию атмосфер, которые окружают каждое из них с уменьшающейся плотностью. Когда притяжение между молекулами таково, что упругость атмосфер не ощущается, тело представляет собой совершенное твердое тело, жесткость которого находится в определенной пропорции к упругости объема. Когда атмосфера менее конденсирована и притяжение молекул просто создает силу сцепления,

достаточную для уравнивания атомной упругости атмосферы, тело представляет собой совершенную жидкость; а когда притяжение молекул очень мало по сравнению с упругостью их эфирных атмосфер, тело представляет собой совершенный газ. Предполагается, что эти атмосферы являются частями эфирной среды, которая проникает в промежутки каждого вещества, а их эластичность обусловлена теплом, генерируемым центробежной силой или колебаниями между их атомами, поскольку движение является причиной тепла, а сила, производящая движения, изменяется просто как плотность эфира.

В воздухообразных жидкостях, хотя частицы находятся на большем расстоянии друг от друга, чем в жидкостях и твердых телах, все же давление может быть настолько велико, что превращает воздухообразную жидкость в жидкость, а жидкость - в твердое вещество. Доктор Фарадей превратил некоторые газы в жидкое состояние путем очень сильного сжатия; но хотя атмосферный воздух способен уменьшать объем, предела которому мы не знаем, до сих пор он всегда сохранял свои газообразные свойства и восстанавливает свой первоначальный объем в тот момент, когда давление снимается. О веществах говорят, что они более или менее эластичны, в зависимости от легкости, с которой они восстанавливают свою массу при снятии давления; таким образом, жидкости сопротивляются сжатию из-за своей эластичности, а в твердых телах сопротивление намного больше, но переменное, и усилие, необходимое для разрушения вещества, является мерой силы сцепления, оказываемой его частицами. В камне, железе, стали и во всех хрупких и твердых веществах сцепление частиц мощное, но незначительное; в упругих телах, напротив, его действие слабое, но более обширное. При плавлении металлов и других веществ может наблюдаться бесконечное разнообразие условий, переходящих от твердости к вязкости, вязкости и через все другие стадии к идеальной текучести и даже к парообразованию. Поскольку все тела расширяются под действием тепла, сила сцепления ослабевает при повышении температуры. Сцепление вещества или прочность веществ является важной областью изучения в технике.

Каждая частица вещества, независимо от того, является ли она составной частью твердого тела, жидкости или воздухообразной жидкости, подчиняется закону всемирного тяготения. Вес атмосферы, газов и паров показывает, что они состоят из гравитирующих частиц. В жидкостях сила сцепления недостаточно велика, чтобы противостоять действию гравитации. Следовательно, хотя составляющие их частицы все еще сохраняют свою связь, жидкость рассеивается под действием их веса, за исключением случаев, когда она заключена в сосуд или уже опустилась до максимально низкой точки и приняла ровную поверхность благодаря подвижности ее частиц и влиянию сил притяжения, как в океане или озере. Твердые тела также распадались бы на куски под действием веса своих частиц, если бы сила сцепления не была достаточно мощной, чтобы противостоять усилиям гравитации.

Явления, возникающие из-за силы сцепления, неисчислимы. Сферическая форма дождевых капель; трудность отделения стеклянной пластины от поверхности воды; сила, с которой две плоские поверхности прилипают друг к другу; капли, прилипающие к оконному стеклу под проливным дождем, - все это эффекты сцепления, полностью независимые от атмосферного давления, и включены в одну и ту же аналитическую формулу (N. 162), которая точно выражает все обстоятельства, хотя законы, по которым меняются силы сцепления и отталкивания, неизвестны. Более чем вероятно, что сферическая форма солнца и планет обусловлена силой сцепления, поскольку все выглядит так, что в какой-то период они находились в состоянии слияния.

Очень примечательный случай иногда наблюдался на заводах по производству листового стекла. После того как большие стеклянные пластины, из которых должны быть изготовлены зеркала, в последний раз отполированы, их тщательно протирают и укладывают по краям так, чтобы их поверхности опирались друг на друга. С течением времени сцепление иногда становилось настолько сильным, что их невозможно было разделить, не разорвав. Бывали случаи, когда две или три были соединены настолько идеально, что их обрезали, а их края отполировали, как будто они были сплавлены воедино; и требовалось такое большое усилие, чтобы заставить поверхности скользить, что одна отрывала часть поверхности другой.

В жидкостях и газах форма частиц не оказывает никакого влияния, настолько они далеки друг от друга; но структура твердых тел меняется в зависимости от сторон, которые частицы представляют друг другу при их агрегировании. Об их форме ничего не известно, кроме различия их различных сторон в определенных случаях, которое проявляется в том, что их взаимное притяжение во время кристаллизации является более или менее сильным в зависимости от сторон, которые они представляют друг другу. Кристаллизация — это эффект молекулярного притяжения, регулируемый определенными законами, согласно которым атомы одного и того же вещества объединяются в правильные формы - факт, который легко доказать, растворив кусочек квасцов в чистой воде. Взаимное притяжение частиц разрушается водой; но, если ее выпарить, они соединяются и образуют в соединении восьмигранные фигуры, называемые октаэдрами (N. 163). Однако не все они одинаковы. У некоторых обрезаны углы, у других - ребра, а у некоторых и то, и другое, в то время как остальные имеют правильную форму. Совершенно ясно, что те же самые обстоятельства, которые вызывают агрегацию нескольких частиц, если их продолжать, вызвали бы добавление большего количества; и процесс продолжался бы до тех пор, пока какие-либо частицы оставались бы свободными вокруг первичного ядра, которое увеличивалось бы в размерах, но оставалось бы неизменным по форме, причем форма частиц была бы такой, чтобы поддерживать правильность и гладкость поверхностей твердого тела и их взаимные наклоны. Разбитый кристалл постепенно принимает свою обычную форму, когда его снова помещают в раствор квасцов, что показывает, что внутренние и внешние частицы схожи и обладают сходным притяжением для частиц, удерживаемых в растворе. Первоначальные условия агрегации, которые заставляют молекулы одного и того же вещества объединяться в различные формы, должны быть очень многочисленными, поскольку одного карбоната извести насчитывается много сотен разновидностей; и, судя по движению поляризованного света через горный хрусталь, несомненно, что для получения чрезвычайно малого изменения внешней формы требуется совсем иное расположение частиц. Различные вещества при кристаллизации химически соединяются с определенной долей воды, которая в сухом состоянии образует существенную часть их кристаллов, и, согласно экспериментам М. Хайдингер и Мичерлих, по-видимому, в некоторых случаях придают особое значение составляющим их молекулам. Эти джентльмены заметили, что одно и то же вещество, кристаллизующееся при различных температурах, соединяется с различными количествами воды и принимает соответствующее разнообразие форм. Селениат цинка, например, соединяется с тремя различными порциями воды и принимает три различные формы в зависимости от того, какая температура его в процессе кристаллизации - горячая, чуть теплая или холодная. Сульфат соды также, который кристаллизуется при температуре 90 ° по Фаренгейту без воды для кристаллизации, соединяется с водой при обычной температуре и принимает другую форму. Тепло, по-видимому, оказывает большое влияние на явления кристаллизации не только тогда, когда частицы

материи свободны, но даже когда они прочно соединены, ибо оно разрушает их единство и придает им другое определение. Профессор Мичерлих обнаружил, что призматические кристаллы сульфата никеля (N. 164), подвергнутые воздействию летнего солнца в закрытом сосуде, имели свою внутреннюю структуру настолько полностью измененной без каких-либо внешних изменений, что при вскрытии они внутри состояли из октаэдров с квадратными основаниями. Первоначальная агрегация внутренних частиц была растворена, и им было дано распоряжение расположиться в кристаллической форме. Кристаллы сульфата магнезии и сульфата цинка, постепенно нагреваемые в спирте до кипения, постепенно теряют свою прозрачность, и при вскрытии обнаруживается, что они состоят из бесчисленных мельчайших кристаллов, совершенно отличающихся по форме от целых кристаллов; а призматические кристаллы цинка (N. 165) под действием солнечного тепла за несколько секунд превращаются в октаэдры: можно привести и другие примеры влияния даже умеренных температур на молекулярное притяжение внутри веществ. Следует отметить, что эти эксперименты дают совершенно новые представления о строении твердых тел. Подвижность жидкостей заставляет нас ожидать значительных изменений во взаимном расположении их молекул, которые должны находиться в постоянном движении даже в самой неподвижной воде или в самом спокойном воздухе; но мы не были готовы обнаружить движение такой степени внутри твердых тел. Можно было бы ожидать, что их частицы сближаются под действием холода и давления или удаляются дальше друг от друга под действием тепла; но нельзя было ожидать, что их относительное положение может измениться настолько полностью, чтобы изменить способ их агрегации. Из низкой температуры, при которой происходят эти изменения, следует, что, вероятно, нет такой части неорганического вещества, которая не находилась бы в состоянии относительного движения.

Открытия профессора Мичерлиха в отношении форм кристаллизованных веществ, связанных с их химическим характером, пролили дополнительный свет на строение материальных тел. Существует определенный набор кристаллических форм, которые не подвержены изменениям, таких как кубик (N. 166), который может быть маленьким или большим, но неизменно представляет собой твердое тело, ограниченное шестью квадратными поверхностями или плоскостями. Таков также тетраэдр (N. 167) или четырехгранное твердое тело, содержащееся в четырех равногранных треугольниках. Несколько других твердых веществ принадлежат к этому классу, который называется мозаичной системой кристаллизации. Существуют и другие кристаллы, которые, хотя и ограничены тем же числом сторон и имеют ту же форму, все же подвержены вариациям; например, восьмигранная фигура с квадратным основанием, называемая октаэдром (N. 168), которая иногда бывает плоской и низкой, а иногда острой и высокой. Ранее считалось, что идентичность формы всех кристаллов, не принадлежащих к мозаичной системе, указывает на идентичность химического состава. Профессор Мичерлих, однако, показал, что вещества, различающиеся в определенной степени по химическому составу, обладают свойством принимать одинаковую кристаллическую форму. Например, нейтральный фосфат соды и мышьяк соды кристаллизуются в одной и той же форме, содержат одинаковые количества кислоты, щелочи и воды для кристаллизации; однако они различаются настолько, что один содержит мышьяк, а другой эквивалентное количество фосфора. Вещества, обладающие такими свойствами, называются изоморфными, то есть равными по форме. Из них существует множество групп, каждая группа имеет одинаковую форму и сходство, хотя и не идентичность химического состава. Например, одна из изоморфных групп состоит из определенных химических веществ, называемых протооксидами железа,

меди, цинка, никеля и марганца, все из которых идентичны по форме и содержат одинаковое количество кислорода, но различаются соответствующими содержащимися в них металлами, которые, однако, находятся почти в одинаковой пропорции в каждой. Все эти обстоятельства стремятся доказать, что вещества, имеющие одинаковую кристаллическую форму, должны состоять из элементарных атомов, имеющих одинаковую форму и расположенных в одном и том же порядке; так что форма кристаллов зависит от их атомного строения.

Все кристаллизованные тела имеют соединения, называемые сколами, в которых они раскалываются легче, чем в других направлениях; от этого свойства зависит все искусство огранки алмазов. Каждое вещество расщепляется способом и в формах, свойственных ему самому. Например, все сотни форм карбоната извести разделяются на шестигранные фигуры, называемые ромбоэдрами (N. 169), альтернативные углы которых составляют $105 \cdot 55^\circ$ и $75 \cdot 05^\circ$, как бы далеко ни заходило разделение; следовательно, предполагается, что конечная частица карбоната извести имеет именно такую форму. Как бы то ни было, несомненно, что все различные кристаллы этого минерала могут быть образованы путем создания шестигранных твердых тел описанной формы, точно так же, как дети строят домики из миниатюрных кирпичиков. Можно представить, что может существовать большая разница между частицами бесформенной массы и кристаллом того же вещества — между обычным бесформенным известняком и чистым и прозрачным кристаллом исландского шпата; однако химический анализ не обнаруживает ничего подобного; их конечные атомы идентичны, и кристаллизация показывает, что разница возникает только из-за способа агрегации. Кроме того, все вещества либо кристаллизуются естественным путем, либо могут быть созданы для этого с помощью техники. Жидкости кристаллизуются при замораживании, пары - при сублимации (N. 170); а твердые тела, будучи расплавленными, кристаллизуются при охлаждении. Отсюда можно сделать вывод, что все вещества состоят из атомов, от величины, плотности и формы которых зависят их природа и качества; и, поскольку эти качества неизменны, конечные частицы материи должны быть неспособны к износу — такими же, как и при создании.

Размер предельных частиц материи должен быть предельно мал. Организованные существа, обладающие жизнью и всеми ее функциями, были обнаружены такими маленькими, что миллион из них занял бы меньше места, чем песчинка. Ковкость золота, аромат мускуса, благоухание цветов и многие другие примеры чрезмерной мельчайшести атомов материи можно было бы привести. Предположив, что плотность воздуха на поверхности Земли представлена единицей, сэр Джон Гершель показал, что при любой гипотезе относительно его атомов потребовалась бы дробь, имеющая по крайней мере 1370 цифр в знаменателе, чтобы выразить его разреженность в межпланетном пространстве; однако определенные пропорции химических соединений служат доказательством того, что делимость материи имеет предел. Сила сцепления, которая была предметом предыдущих соображений, объединяет только частицы одного и того же вида материи; тогда как сродство, являющееся причиной химических соединений, представляет собой взаимное притяжение между частицами различных видов материи, обычно приводящее к образованию соединения, которое не имеет никаких ощутимых общих свойств со своими составными частями, за исключением их совместной тяжести, как, например, вода, представляющая собой соединение кислорода и газообразного водорода. Это просто результат электрического состояния частиц, поскольку химическое сродство и электричество являются лишь формами одной и той же силы. В большинстве случаев это производит электричество, как при окислении металлов и горении, и во всех случаях без исключения тела выделяют тепло при химическом соединении; и поскольку тепло является

расширяющей силой, химическое действие превращается в механическое расширение, но в этом случае неизвестно, почему выделяется тепло, и каким образом действуют частицы.

Постоянным и универсальным законом для огромного числа неорганизованных тел является то, что их состав определен и неизменен, что одно и то же соединение всегда состоит из одних и тех же элементов, соединенных вместе в одних и тех же пропорциях. Два вещества действительно могут быть смешаны; но они не соединятся с образованием третьего вещества, отличного от обоих, если только составляющие их частицы не соединятся в определенных пропорциях; то есть одна весовая часть одного из веществ соединится с одной весовой частью другого, или с двумя частями, или с тремя, или с четырьмя и т.д., чтобы образовать новое вещество; но в любых других пропорциях они будут смешаны только механически. Например, одна весовая часть газообразного водорода соединится с восемью весовыми частями газообразного кислорода и образует воду; или она соединится с шестнадцатью весовыми частями кислорода и образует вещество, называемое дейтоксидом водорода; но при добавлении к любому другому весовому количеству кислорода образуется одно или оба этих соединения, смешанные с избытком кислорода или водорода. Закон определенной пропорции, установленный доктором Дальтоном на основе принципа, согласно которому каждое составное тело состоит из комбинации атомов его составных частей, имеет универсальное применение и фактически является одним из важнейших открытий в физической науке, дающим ранее недоступную информацию о самых тайных и мельчайших процессах природы, раскрывающих относительный вес элементарных атомов материи. Таким образом, атом кислорода, соединяясь с атомом водорода, образует составную воду; но поскольку каждая капля воды, какой бы маленькой она ни была, состоит из восьми весовых частей кислорода и одной весовой части водорода, из этого следует, что атом кислорода в восемь раз тяжелее атома водорода. Точно так же сероводородный газообразный водород состоит из шестнадцати весовых частей серы и одной части водорода; следовательно, атом серы в шестнадцать раз тяжелее атома водорода. Также окись углерода состоит из шести весовых частей углерода и восьми частей кислорода; и, поскольку атом кислорода в восемь раз тяжелее атома водорода, отсюда следует, что атом углерода в шесть раз тяжелее атома водорода. Поскольку одна и та же определенная пропорция присутствует в составе огромного числа исследованных веществ, был сделан вывод, что существуют большие различия в весе элементарных частиц материи. Хотя закон Дальтона полностью установлен, все же имели место случаи, из которых явствует, что выведенная из него атомная теория не всегда подтверждается. М. Гей-Люссак обнаружил, что газы объединяются по своему объему в таких простых и определенных пропорциях, как один к одному, один к двум, один к трем и т. д. Например, один объем или мера кислорода соединяется с двумя объемами или мерами водорода при образовании воды.

Доктор Фарадей доказал экспериментами на телах как в растворе, так и в расплавленном состоянии, что химическое сродство является всего лишь результатом электрического состояния частиц вещества. Теперь следует заметить, что состав тел, а также их разложение могут быть осуществлены с помощью электричества; и доктор Фарадей обнаружил, что этот химический состав и разложение с помощью данного электрического тока всегда осуществляются в соответствии с законами определенных пропорций; и что количество электричества, необходимое для разложения вещества, в точности соответствует количеству, необходимому для его состава. Таким образом, количество электричества, которое может разложить крупинку воды, в точности равно количеству электричества, которое объединяет элементы этой крупинки воды вместе, и эквивалентно количеству атмосферного электричества,

которое активно при очень мощной вспышке молнии. Этот закон универсален и относится к тому высокому и общему порядку, который характеризует все великие открытия. Химическое взаимодействие чрезвычайно мощно. Фунт лучшего угля дает при сгорании достаточно тепла, чтобы повысить температуру 8086 фунтов воды на один градус Цельсия, откуда профессор Гельмгольц из Бонна вычислил, что величина химической силы притяжения между частицами фунта угля и соответствующее ей количество кислорода способны поднять груз в 100 фунтов на высоту 20 миль.

Доктор Фарадей привел исключительный пример химической комбинации, вызываемой силой сцепления, в следующем эксперименте, который, по-видимому, почти связан с открытием, сделанным М. Деберейнером в 1823 году, самовозгорания губчатой платины (N. 171) под воздействием потока газообразного водорода, смешанного с обычным воздухом. Пластина из платины с чрезвычайно чистыми поверхностями, погруженная в кислород и водород, смешанные в пропорциях, соответствующих составу воды, вызывает объединение газов и образование воды, платина раскаляется докрасна и, наконец, происходит взрыв; единственными условиями, необходимыми для этого любопытного эксперимента, является чрезмерная чистота газов и поверхности пластины. Достаточно чистую металлическую поверхность можно получить только путем погружения платины в очень сильную горячую серную кислоту и последующей промывки ее в дистиллированной воде или путем превращения ее в положительный полюс гальванической батареи в разбавленной серной кислоте. Похоже, что сила сцепления, а также сила сродства, проявляемая частицами материи, распространяется на все частицы в пределах очень малого расстояния. Следовательно, платина, притягивая частицы двух газов к своей поверхности своим большим когезионным притяжением, приближает их друг к другу настолько близко, что они попадают в сферу их взаимного сродства, и происходит химическое соединение. Доктор Фарадей частично объясняет этот эффект также уменьшением эластичности газообразных частиц на их сторонах, прилегающих к платине, и их совершенным смещением или ассоциацией, а также положительным действием металла, конденсирующего их на своей поверхности за счет силы притяжения. Химически соединенные частицы под действием силы тяжести стекают с поверхности металла в виде воды или испаряются в виде водяного пара, уступая место другим.

Колебания атмосферы и изменения ее температуры измеряются по изменению высоты показаний барометра и термометра. Но фактическая длина столбиков жидкости зависит не только от силы притяжения, но и от силы сцепления или взаимного притяжения между молекулами жидкости и молекулами трубки, содержащей ее. Это своеобразное действие силы сцепления называется капиллярным притяжением или капиллярностью. Если стеклянную трубочку с очень мелким отверстием, такую как трубочка маленького термометра, опустить в чашку с водой или винным спиртом, жидкость в трубке немедленно поднимется выше уровня жидкости в чашке; и поверхность подвешенного таким образом маленького столбика будет представлять собой полую полусферу, диаметр которой равен внутреннему диаметру трубки. Если эту же пробирку опустить в чашку с ртутью, жидкость в пробирке тоже поднимется, но она никогда не достигнет уровня жидкости в чашке, и ее поверхность будет представлять собой полусферу, диаметр которой также равен диаметру трубки (N. 172). Подъем или опускание одной и той же жидкости в разных пробирках из одного и того же вещества находится в обратном отношении к их внутренним диаметрам (N. 173) и совершенно не зависит от их толщины; отсюда следует, что молекулярное воздействие незаметно на ощутимых расстояниях и что только тончайшая возможная пленка внутренней поверхности пробирок оказывает

ощутимое воздействие на жидкость. Действительно, это настолько верно, что, когда трубки с одинаковым отверстием полностью смачиваются водой на всем их протяжении, ртуть во всех них поднимается на одинаковую высоту, независимо от их толщины или плотности, потому что незначительного слоя влаги достаточно, чтобы вывести внутренний столбик ртути за пределы сферы притяжения трубки и занять место трубки за счет ее собственного капиллярного притяжения. Силы, вызывающие капиллярные явления, представляют собой взаимное притяжение трубки и жидкости, а также частиц жидкости друг к другу; и для того, чтобы капиллярный столб мог находиться в равновесии, вес той его части, которая поднимается выше или опускается ниже уровня жидкости в чашке, должен уравновешивать эти силы.

Оценка действия жидкости является сложной частью этой проблемы. Ла Плейс, доктор Янг и другие математики считали, что жидкость внутри трубки имеет однородную плотность; но мсье Пуассон в одном из тех виртуозных произведений, в которых он разъясняет самые сложные темы, доказал, что явление капиллярного притяжения зависит от быстрого уменьшения плотности столба жидкости на чрезвычайно малом пространстве у ее поверхности. Каждый бесконечно тонкий слой жидкости сжимается жидкостью, находящейся над ним, и поддерживается жидкостью, находящейся под ним. Степень его конденсации зависит от величины сжимающей силы; и поскольку эта сила быстро уменьшается по направлению к поверхности, где она исчезает, плотность жидкости также уменьшается. М. Пуассон показал, что при отсутствии этой силы поверхность капилляра становится плоской, и что жидкость в трубке не будет ни подниматься, ни опускаться ниже уровня жидкости в чашке. При оценке сил также необходимо учитывать изменение плотности поверхности капилляра по краям в зависимости от притяжения трубки.

Направление результирующей силы определяет кривизну поверхности капиллярного столба. Для того чтобы жидкость могла находиться в равновесии, сила, возникающая в результате всех действующих на нее сил, должна быть перпендикулярна поверхности. Теперь выясняется, что, поскольку стекло более плотное, чем вода или спирт, результирующая сила будет направлена к внутренней стороне трубки; следовательно, поверхность жидкости должна быть более приподнята по бокам трубки, чем в центре, чтобы быть перпендикулярной к ней, так что она будет вогнутой, как в термометре. Но, поскольку стекло менее плотное, чем ртуть, результирующее усилие будет направлено с внутренней стороны трубки (N. 174), так что поверхность капиллярного столба должна быть более вдавленной по бокам трубки, чем в центре, чтобы быть перпендикулярной результирующему усилию, и, следовательно, выпуклой, как можно видеть по ртути барометра при подъеме. Поглощение влаги губками, сахаром, солью и т.д. Являются известными примерами капиллярного притяжения. Действительно, поры сахара настолько малы, что, кажется, нет предела подъему жидкости. Вино вытягивается вверх по внутренней поверхности бокала; чай поднимается выше своего уровня сбоку чашки; но если бокал или чашечка слишком полны, края притягивают жидкость вниз и придают ей округлую форму. Столб жидкости будет подниматься выше или опускаться ниже своего уровня между двумя плоскопараллельными поверхностями, когда они находятся рядом друг с другом, в зависимости от относительной плотности пластин и жидкости (N. 175); и явления будут точно такими же, как в цилиндрической трубке, диаметр которой вдвое превышает расстояние пластин друг от друга. Если две поверхности расположены очень близко друг к другу и касаются друг друга одним из своих вертикальных краев, жидкость будет подниматься выше всего на краях, которые соприкасаются, и постепенно уменьшаться по высоте по мере того, как поверхности становятся более разделенными. Весь контур столба жидкости будет иметь форму

гиперболы. Действительно, действие капиллярности настолько универсально, что твердые тела и жидкости не могут соприкасаться друг с другом без изменения формы поверхности жидкости.

Притяжения и отталкивания, возникающие из-за капиллярности, представляют собой множество любопытных явлений. Если две пластины из стекла или металла, обе сухие или влажные, частично погрузить в жидкость параллельно друг другу, жидкость будет подниматься или опускаться близко к их поверхностям, но будет поддерживать свой уровень на всем остальном разделяющем их пространстве. На таком расстоянии они не притягивают и не отталкивают друг друга; но в тот момент, когда их поднесут настолько близко, что ровная часть жидкости исчезнет и две ее изогнутые части встретятся, две пластины устремятся навстречу друг другу и останутся прижатыми друг к другу (N. 176). Если одна из поверхностей влажная, а другая сухая, они будут отталкиваться друг от друга, находясь так близко, что между ними образуется изогнутая поверхность жидкости; но если подойти немного ближе, отталкивание будет преодолено, и они будут притягиваться друг к другу, как если бы они оба были влажными или оба сухими. Два шарика из сердцевины или дерева, плавающие в воде, или два шарика из олова, плавающие в ртути, притягиваются друг к другу, как только оказываются настолько близко, что поверхность жидкости между ними изгибается. Этот принцип может привести к столкновению двух кораблей в океане. Но два шарика, один из которых влажный, а другой сухой, отталкиваются друг от друга, как только жидкость, разделяющая их, изгибается на своей поверхности. Немного чайного листа притягивается к краю чашки, если оно влажное, и отталкивается, когда сухое, при условии, что оно не слишком далеко от края и чашка умеренно наполнена; если слишком полная, происходит обратное. Вероятно, что повышение содержания сока в овощах в какой-то степени обусловлено капиллярностью.

РАЗДЕЛ XV.

Анализ атмосферы—Ее давление—Закон уменьшения плотности—Закон уменьшения температуры—Измерение высот барометром—Протяженность атмосферы—Барометрические колебания—Колебания—Пассаты-Кольцо облаков—Муссоны-Вращение ветров—Законы ураганов.

Атмосфера неоднородна. Из анализа следует, что из 100 частей 99,5 состоят из газов азота и кислорода, смешанных в пропорциях 79 к 21 по объему, остальное состоит из 0,05 частей углекислоты и в среднем 0,45 водяного пара. Установлено, что эти пропорции одинаковы на всех высотах, доселе достигнутых человеком. Воздух - это эластичная жидкость, сопротивляющаяся давлению во всех направлениях и подчиняющаяся закону всемирного тяготения. Поскольку пространство в верхней части трубки барометра представляет собой вакуум, столбик ртути, взвешенный под давлением атмосферы на поверхности трубки в резервуаре, является мерой ее веса. Следовательно, каждое изменение плотности вызывает соответствующее повышение или понижение барометрической колонки. На уровне моря на 42 ° широты и при температуре таяния льда средняя высота барометра составляет 29.922, или почти 30 дюймов. Давление атмосферы составляет около пятнадцати фунтов на каждый квадратный

дюйм, так что поверхность всего земного шара выдерживает вес в 11 671 000 000 сотен миллионов фунтов. Моллюски, способные создавать вакуум, прилипают к камням под действием давления в пятнадцать фунтов на каждый квадратный дюйм контакта.

Атмосфера, находящаяся в равновесии, представляет собой эллипсоид, сплюснутый на полюсах из-за своего вращения вместе с землей. В этом состоянии его слои имеют одинаковую плотность на равных высотах над уровнем моря; но поскольку воздух одновременно тяжелый и эластичный, его плотность неизбежно уменьшается при подъеме над поверхностью земли; ибо каждый слой воздуха сжимается только весом, находящимся над ним. Следовательно, верхние слои менее плотные, потому что они менее сжаты, чем нижележащие. Отсюда легко показать, предположив, что температура постоянна, что если высоты над землей измерять в возрастающей арифметической прогрессии, то есть если они увеличиваются на равные величины, например, на фут или милю, то плотности слоев воздуха или пропорциональные им высоты барометра будут уменьшаться в геометрической прогрессии. Например, если на уровне моря средняя высота барометра равна 29·922 дюймам, то на высоте 18 000 футов она будет равна 14·961 дюйм, или вдвое меньше; на высоте 36 000 футов она будет на четверть такой же величины; на высоте 54 000 футов она будет равна одной восьмой и так далее. Сэр Джон Гершель показал, что фактическое уменьшение происходит гораздо быстрее и что, согласно любой гипотезе, которая была сформирована относительно делимости атомов воздуха, на высоте 80 или 90 миль над поверхностью земли существует вакуум, невообразимо более совершенный, чем любой, который может быть создан лучшими воздушными насосами. Действительно, уменьшение плотности происходит настолько быстро, что три четверти всего воздуха, содержащегося в атмосфере, находится в пределах четырех миль от земли; и, поскольку площадь ее поверхности составляет 200 миллионов квадратных миль, ее относительная толщина меньше толщины листа бумаги по сравнению с его шириной. Воздух даже на горных вершинах достаточно разрежен, чтобы уменьшить интенсивность звука, повлиять на дыхание и вызвать потерю мышечной силы. Кровь хлынула из губ и ушей г-на де Гумбольдта, когда он поднимался в Анды; и он испытал те же трудности с разжиганием и поддержанием огня на больших высотах, которые венецианец Марко Поло испытывал в горах Центральной Азии. Г-н Гей-Люссак поднялся на воздушном шаре на высоту 4 · 36 миль, и он сильно страдал от разреженности воздуха. Это правда, что на высоте тридцати семи миль атмосфера все еще достаточно плотна, чтобы отражать лучи солнца, когда оно находится на 18 ° ниже горизонта; но хвосты комет показывают, что чрезвычайно разреженная материя способна отражать свет. И хотя на высоте пятидесяти миль взрыв метеорита 1783 года был слышен на земле как пушечный выстрел, это только доказывает грандиозность взрыва массы диаметром в полмили, которая могла произвести звук, способный проникнуть в воздух, в три тысячи раз более редкий, чем тот, которым мы дышим. Но даже эти высоты чрезвычайно малы по сравнению с радиусом земли.

Плотность воздуха изменяется в зависимости от различных обстоятельств, главным образом от изменения температуры, потому что тепло расширяет воздух, а холод сжимает его, изменяя $\frac{1}{480}$ от всего объема при 32 ° на каждый градус термометра по Фаренгейту. Опыт показывает, что тепло воздуха уменьшается по мере увеличения высоты над поверхностью земли. Похоже, что средняя температура в космосе на 226 ° ниже нуля по Фаренгейту согласно теориям Фурье и Пуйе, но сэр Джон Гершель вычислил ее равной -239 ° по Фаренгейту на основе наблюдений, сделанных во время подъема на воздушных шарах. Такой, вероятно, была бы и температура поверхности земли, если бы не непроводящая способность воздуха, благодаря которой он

способен удерживать тепло солнечных лучей, которые земля впитывает и излучает во всех направлениях. Снижение температуры очень неравномерно; каждый орган власти дает разную оценку, потому что она варьируется в зависимости от широты и местных условий, но из среднего значения пяти различных утверждений кажется, что оно составляет около одного градуса на каждые 334 фута; среднее значение наблюдений, сделанных с воздушных шаров, составляет 400 футов, что, вероятно, ближе к истине. Это является причиной сильного холода и вечных снегов на вершинах альпийских цепей. В 1852 году из метеорологической обсерватории в Кью было совершено четыре подъема на воздушном шаре, в ходе которых наибольшая достигнутая высота составила 22 370 футов. Наблюдения, сделанные затем мистером Уэлшем, предоставили сэру Джону Гершелю данные для вычисления того, что температура космического пространства составляет минус 239 °, то есть на 239 ° ниже нуля по Фаренгейту, что предельная температура атмосферы, вероятно, составляет 77½ градуса ниже этой точки на экваторе и 119½ ниже ее на полюсах, при этом диапазон температур от поверхности составляет 161½° в первом случае и 119½° в последнем случае. Во время этих восхождений было обнаружено, что температура воздуха равномерно понижается до определенной точки, где она останавливается и остается постоянной, или увеличивается на глубине 2000 или 3000 футов, после чего она снова понижается по тому же закону, что и раньше. Во всей этой зоне постоянной температуры либо идут дожди, либо наблюдается значительное падение точки росы; короче говоря, это область облаков, и повышение температуры происходит из-за скрытого или поглощенного тепла, высвобождаемого при конденсации водяного пара. На широте Кью облачная область начинается на высотах от 2000 до 6500 футов, в зависимости от состояния погоды.

Если бы не влияние температуры на плотность воздуха, высоту гор можно было бы определить только с помощью барометра; но поскольку необходимо также консультироваться с термометром, определение становится более сложным. Преимуществом метода мистера Айвори по вычислению высоты на основе барометрических измерений является сочетание точности с предельной простотой. Действительно, точность, с которой с помощью этого метода можно определить высоту гор, очень примечательна. Адмирал Смит, Р.Н., и сэр Джон Гершель измерили высоту Этны с помощью барометра без какой-либо связи и в разные годы; адмирал Смит показал высоту 10 874 фута, а сэр Джон Гершель - 10 873, разница составляет всего один фут. Вследствие снижения атмосферного давления вода на вершинах гор кипит при более низкой температуре, чем в долинах, что побудило Фаренгейта предложить этот способ наблюдения в качестве метода определения их высоты. Это очень просто, поскольку профессор Форбс установил, что температура точки кипения изменяется в арифметической пропорции с высотой, или 5495 футов для каждого градуса по Фаренгейту, так что расчет высоты сводится только к арифметике, без использования какой-либо таблицы.

Среднее давление атмосферы неодинаково по всему земному шару. На экваторе она меньше на 0,24 дюйма, чем в тропиках или в более высоких широтах, вследствие подъема нагретого воздуха и паров с поверхности океана. На берегах Балтийского моря она также меньше, чем во Франции, и сэр Джеймс К. Росс наблюдал, что по всему Антарктическому океану, от 68 ° до 74 ° южной широты и от 8 ° до 7 ° Западной долготы, наблюдается понижение барометра на дюйм и выше, что эквивалентно высоте над уровнем моря в 800 футов. Аналогичная впадина была замечена М. Эрманом в Охотском море и на соседнем континенте Восточная Сибирь. Сэр Джон Гершель называет причиной этих необычных аномалий огромную систему циркуляции пассатных и противотранспортных ветров в обоих полушариях, которые воздействуют на общую

массу континентов как на препятствия на их пути, изменяющиеся в зависимости от конфигурации суши.

В атмосфере происходят различные периодические колебания, которые, поднимаясь и опускаясь подобно морским волнам, вызывают соответствующие изменения высоты барометра, но они так же сильно отличаются от пассатов, муссонов и других течений, как морские приливы от гольфстрима и других океанических рек. Солнце и луна своим притяжением нарушают равновесие атмосферы и вызывают годовые колебания, максимальные высоты которых приходится на равноденствия, а минимальные - на солнцестояния. Существуют также лунные приливы, которые сменяются дважды в течение лунного месяца. Суточные приливы и отливы, которые совершают свой подъем и спад за шесть часов, сильно изменяются под воздействием солнечного тепла. Между тропиками барометр достигает максимальной высоты около девяти утра, затем опускается до трех или четырех часов дня; он снова поднимается и достигает второго максимума около девяти вечера, а затем начинает падать и достигает второго минимума в три часа ночи, снова продолжая следовать тем же курсом. По словам М. Бувар, величина колебаний на экваторе пропорциональна температуре, а на других параллелях она изменяется как температура, так и квадрат косинуса широты одновременно; следовательно, она уменьшается от экватора к полюсам, но днем она несколько больше, чем ночью.

Помимо этих небольших волнений, существуют огромные волны, постоянно движущиеся по континентам и океанам отдельными и независимыми системами, ограниченными локальными, но очень обширными районами, вероятно, вызванными продолжительными дождями или засушливой погодой на больших территориях страны. С помощью многочисленных барометрических наблюдений, выполненных одновременно в обоих полушариях, были прослежены траектории нескольких из них, некоторым из которых требуется двадцать четыре, а другим тридцать шесть часов, чтобы завершить свой подъем и спад. Особенно одна из этих огромных барометрических волн, шириной во многие сотни миль, была прослежена над большей частью Европы; и не только ее ширина, но также направление ее фронта и ее скорость были четко установлены. Хотя, как и все другие волны, это всего лишь движущиеся формы, все же ветры возникают в зависимости от них, подобно приливным течениям в океане. М-р Бирт определил периоды других волн еще большей протяженности и продолжительности, двум из которых потребовалось семнадцать дней для подъема и спада; и еще одной, для завершения которой требуется четырнадцать дней, названной м-ром Биртом ноябрьской волной, ежегодно проходящей над Британскими островами, вероятно, над всей Европой и морями у ее северных берегов. Его гребень, протяженность которого, по-видимому, составляет 6000 миль, перемещается с северо-запада на юго-восток со скоростью около 19 миль в час; в то время как барометрическая высота от впадины до гребня редко меньше дюйма, иногда вдвое больше. Большому гребню с интервалом примерно в пять дней предшествуют и за ним следуют два более низких, а начало и конец отмечены глубокими впадинами. Исследования М. Леверье не оставляют сомнений в том, что великая крымская буря 14 ноября 1854 года была частью этого явления,^[8] ибо даже очень небольшой разницы атмосферного давления достаточно, чтобы поднять сильный ветер. Поскольку каждое колебание имеет свой идеальный эффект независимо от других, каждое из них отмечено изменением показаний барометра, и это прекрасно иллюстрируется кривыми, построенными на основе серии наблюдений. Общая форма кривой показывает направление основной волны, в то время как небольшие неровности в ее контуре отмечают максимумы и минимумы незначительных колебаний.

Пассаты, которые являются основными течениями в атмосфере, являются лишь частным случаем тех самых общих законов, которые регулируют движение ветров в зависимости от разрежения воздуха в сочетании с вращением земли вокруг своей оси. Это постоянные ветровые потоки между тропиками, дующие на северо-восток с северной стороны экватора и на юго-восток с Южной стороны.

Если воздушные потоки исходят от полюсов, ясно, что равновесие должно быть восстановлено встречными течениями с экватора; более того, ветры, приходящие от полюсов, где нет вращения, к экватору, который вращается от W к E. со скоростью 1000 миль в час, обязательно должны двигаться в направлении, вытекающем из их собственного поступательного движения и вращения; следовательно, при дуновении к экватору смещение происходит в сторону E., а при дуновении от него смещение происходит в сторону W. Таким образом, поскольку северные и южные ветры от полюсов дуют вдоль поверхности от тропиков к экватору, вследствие такого состава движений то, что от Северной широты становится северо-восточным пассатом, а то, что от Южной широты, - юго-восточным пассатом. Теперь эти ветры противоположных направлений пересекаются на экваторе, уравнивая друг друга примерно на 6 градусах широты и создают пояс штилей такой ширины, опоясывающий земной шар, известный как штили экватора, или Переменные состояния моряков. Солнечный жар настолько разрежает воздух, что пассаты, пересекаясь на экваторе, поднимаются в более высокие области атмосферы, где ветры от Северной широты направляются к тропику Козерога, а ветры от Южной широты - к тропику Рака. Но во время путешествия в этих высокогорных регионах они становятся холодными и тяжелыми и, всплывая на поверхность в тропиках, каждый направляется к противоположному полюсу, с которого он стартовал. Теперь, однако, они имеют большее вращательное движение, чем места, в которые они последовательно прибывают, поэтому смещение происходит на запад, и они становятся северо-западными и южными внетропическими ветрами.

Если бы по прибытии к полюсам воздух скапливался там, циркуляция ветров прекратилась бы; но течения поднимаются в верхние области и снова текут обратно в тропики, где они опускаются вниз, заполняя вакуум, вызванный большим выпадением паров в этих регионах, а затем направляются к экватору в виде пассатов (N. 177). Таким образом, воздушные потоки снова пересекаются в тропиках и создают два пояса затиший, которые окружают земной шар, названные лейтенантом Мори Затишьями Рака и Козерога, но обычно известные морякам как Депрессии. Таким образом, ветры дуют от полюса к полюсу и обратно, попеременно как нижние, так и верхние течения. В своих кругооборотах ветры пересекают друг друга пять раз, создавая зоны затишья на полюсах, тропиках и экваторе. Пассаты обычно простираются примерно на 28 ° с каждой стороны экватора, но из-за большей площади суши в северном полушарии северо-восточный пассат уже юго-восточного.

Солнце постоянно поднимает огромное количество пара из океана, который пассаты уносят к экватору: он конденсируется, когда поднимается вместе с воздухом в более высокие слои, и образует кольцо облаков вдоль южной стороны пояса экваториальных штилей, который окружает землю, на которую в течение дня постоянно льются потоки дождя, в то время как солнце, непрерывно светящее на ее верхнюю поверхность, растворяет облака в невидимый пар, который разносится ветрами и конденсируется в виде дождя во внетропических регионах. Вся система пассатов, экваториальных и тропических затиший вместе с кольцом облаков следует за склонением солнца; следовательно, в своих перемещениях взад и вперед оно

ежегодно преодолевает более 1000 миль широты и регулирует сухой и дождливый сезоны в тропических частях земли.

Муссоны, которые представляют собой периодические ветры в Индийском океане, частично зависят от этого движения. Ибо, когда солнце находится в северном полушарии, пассаты движутся вместе с ним на север; и когда его сильный жар расширяет воздух над Великой Гоби и другими засушливыми азиатскими пустынями, он поднимается; северо-восточный пассат вытягивается, чтобы заполнить вакуум, и поднимается вместе с ним; затем юго-восточный пассат, больше не встречаемый и не уравниваемый северо-восточным пассатом, переходит в северное полушарие, и по мере продвижения на север от экватора он отклоняется на запад из-за вращения земли в сочетании с порывами ветра над раскаленными пустынями, и становится юго-западным муссоном, который дует, пока солнце находится к северу от экватора, но как только он уходит на юг и больше не разрезает воздух над индийскими пустынями, юго-восточный пассат возвращается к своему обычному течению, и тогда он известен как юго-восточный муссон. Влияние раскаленных пустынь заметно на расстоянии 1000 миль от берега; муссоны с большой устойчивостью господствуют над Персидским заливом, Индийским океаном и частью Китайского моря. На перемене проливные дожди и сильные грозы сопровождают конфликт между противоборствующими ветрами.

Пустыня Сахара в Северной Африке, а также пустыни Юты, Техаса и Нью-Мексико являются причиной муссонов, преобладающих в Северной Атлантике и по обе стороны Центральной Америки, а муссоны, дующие на север Австралии, свидетельствуют о стерильности внутренних районов, даже если отсутствуют другие доказательства. Из мощного воздействия суши на отклонение ветров от их курса можно понять, почему северо-восточные пассаты более узкие, чем юго-восточные.

При внетропических ветрах в Северной Атлантике, которые дуют от 40-й параллели к полюсу, северо-западные относятся к восточным как 2 к 1: следовательно, происходило бы накопление воздуха на полюсе за счет экватора, если бы течение не поднималось на полюсе и не возвращалось к экватору через высокие области атмосферы, что подтверждает теорию вращения ветра.

Существует множество доказательств существования встречных течений над пассатами. На пике Тенерифе преобладающие ветры дуют с запада. Часто видели легкие облака, быстро движущиеся с запада на восток на очень большой высоте над пассатами, которые неслись по поверхности океана в противоположном направлении. Дожди, облака и почти все другие атмосферные явления происходят ниже высоты 18 000 футов и, как правило, намного ближе к поверхности земли. Они возникают из-за потоков воздуха, идущих друг на друга горизонтальными слоями, различающимися по своему электрическому состоянию, температуре и влажности, а также по скорости и направлению.

Когда северный и южный ветры дуют попеременно, ветер в любом месте будет дуть в одном едином направлении через все точки компаса, при условии, что одно начнется до того, как прекратится другое. В северном полушарии северный ветер распространяется с меньшей степенью вращательного движения, чем в местах, в которые он последовательно приходит, следовательно, он проходит через все точки компаса от N. к N. E. и E. Течение с юга, напротив, распространяется с большей скоростью вращения, чем в местах, в которые он последовательно приходит, поэтому из-за вращения земли оно отклоняется от S. к S.W. и W. Теперь, если бы

лопасть в каком-либо месте повернулась от N. через N. E. к E. и поднялся южный ветер, это привело бы к объединить его движение с первым и заставило флюгер последовательно поворачиваться с востока на юго-восток и S. Но из-за вращения земли этот южный ветер повернет к юго-западу и западнее, и, если сейчас поднимется северный ветер, он объединит свое движение с движением запада и заставит его повернуться к северо-западу и N. Таким образом, две смены северного и южного ветра заставят флюгер в любом месте полностью поворачиваться по компасу, от N. к E., S., W. и N. снова. В Королевской обсерватории в Гринвиче ветер совершает пять кругов в этом направлении в течение года. Когда обстоятельства складываются так, что в южном полушарии поочередно дуют северный и южный ветры, вращение происходит в противоположном направлении. Хотя общая тенденция ветра может быть вращательной, и так оно и есть во многих случаях, по крайней мере, в течение части года, однако местные обстоятельства настолько часто противодействуют этому, что ветры в целом очень нерегулярны, каждое нарушение атмосферного равновесия из-за жары или любой другой причины вызывает соответствующий ветер. Наиболее распространенными ветрами в Европе являются северо-восточный и юго-западный; первый возникает из-за северного полярного течения, а второй - по уже упомянутым причинам. Закон вращения ветра был впервые описан доктором Далтоном, но был разработан профессором Доувом из Берлина.

Ураганы - это такие штормовые ветры, при которых часть атмосферы, образующая их, вращается по горизонтальному кругу вокруг вертикальной или несколько наклонной оси вращения, в то время как сама ось и, следовательно, вся буря переносятся вперед вдоль поверхности земного шара, так что направление, в котором надвигается буря, сильно отличается от направления, в котором вращательный поток может дуть в любой точке. В Вест-Индии, где ураганы часты и разрушительны, они обычно зарождаются в тропических регионах вблизи внутренней границы пассатов и вызываются вертикальным подъемом столба разреженного воздуха, место которого занимает порыв ветра из окружающих регионов, приводимый в движение вращением земли. Гораздо большее число атлантических ураганов началось к востоку от малых Антильских или Карибских островов.

В каждом случае ось шторма движется по эллиптической или параболической кривой, вершина которой находится в тропике Рака или вблизи него, который отмечает внешнюю границу пассатов к северу от экватора. Поскольку движение до достижения тропика происходит по прямой линии от юго-восточной до Северо-западной, а после прохождения ее от юго-западной до Северо-восточной, изгиб кривой направлен в сторону Флориды и Карибских островов. В южном полушарии тело шторма движется в прямо противоположном направлении. Ураганы, которые зарождаются к югу от экватора и чей начальный путь протекает от Северной широты к Южной, огибают тропик Козерога, а затем движутся от Северной Широты к Южной.

Масштабы и скорость этих штормов велики; например, ураган, налетевший 12 августа 1830 года, прослеживался от Карибских островов к востоку, вдоль Гольфстрима, до берега Ньюфаундленда, расстояние более 3000 миль, которое он преодолел за шесть дней. Хотя ураган 1 сентября 1821 года был не таким сильным, его скорость была больше, поскольку он двигался со скоростью 30 миль в час: небольшие штормы обычно протекают быстрее, чем ураганы больших размеров.

Сначала кажется, что действие этих бурь ограничено ближайшим к земле слоем воздуха, а затем они редко достигают высоты более мили, хотя иногда они поднимаются еще выше; или

даже разделяются горой на две отдельные бури, каждая из которых продолжает свой новый путь и вращается с возрастающей силой. Это произошло во время шторма 25 декабря 1821 года в Средиземном море, когда испанские горы и Приморские Альпы стали новыми центрами движения.

Из-за трения о землю ось шторма немного наклоняется вперед. Это вызывает постоянное перемешивание нижних и более теплых слоев воздуха с более высокими и холодными, вызывая потоки дождя и сильные электрические взрывы.

Ширина вихря значительно увеличивается, когда траектория шторма меняется при пересечении тропика. Вихрь шторма охватил часть поверхности земного шара диаметром 500 миль.

Вращательное движение объясняет внезапные и сильные изменения, наблюдаемые во время ураганов. Вследствие вращения воздуха ветер дует в противоположных направлениях по обе стороны от оси бури, и сила порыва увеличивается от окружности к центру вращения, но в самом центре воздух находится в состоянии покоя: следовательно, когда основная масса бури проходит над каким-либо местом, ветер начинает дуть умеренно и усиливается до урагана по мере приближения центра вихря; затем, через мгновение, наступает мертвый и ужасный штиль, за которым внезапно следует возобновление бури во всей ее ярости, но теперь дующий в направлении, противоположном центру вихря. диаметрально противоположный своему прежнему курсу. Это произошло на острове Сент-Томас 2 августа 1837 года, где ураган усилился до половины восьмого утра, когда на сорок минут воцарилась полная тишина, после чего шторм возобновился в обратном направлении.

Внезапное падение ртутного столба в барометре в регионах, обычно посещаемых ураганами, является верным признаком надвигающейся бури. Вследствие центробежной силы этих вращательных штормов воздух становится разреженным, и, поскольку атмосфера возмущается на некотором расстоянии за пределами фактического круга вращения или границ шторма, барометр часто опускается за несколько часов до его прибытия, по сравнению с первоначальной причиной вращательного возмущения. Он продолжает опускаться в течение первой половины урагана, иногда достигает максимума в два дюйма в центре вращения и снова поднимается во время прохождения второй половины, хотя своей наибольшей высоты достигает только после окончания шторма. Уменьшение атмосферного давления больше и распространяется на более широкую территорию в умеренных зонах, чем в жарких, из-за внезапного расширения круга вращения, когда шторм пересекает тропик.

Как падение барометра предупреждает о приближении урагана, так и законы движения шторма дают моряку знания, которые помогут ему избежать его. В северной зоне умеренного климата, если шторм начинается с юго-восточной долготы и переходит с юго-восточной на юго-западную, судну следует держать курс на юго-восточную; но, если шторм начинается с северо-восточной долготы и переходит с северной на северо-западную, судну следует идти на северо-запад. В северной части жаркой зоны, если шторм начинается с северо-восточной долготы и переходит с восточной на юго-восточную, судну следует держать курс на северо-запад; но, если шторм начинается с северо-западной долготы и переходит с западной на юго-западную, судну следует повернуть на северо-запад. судно должно поворачивать на юго-запад, потому что оно находится в юго-западной части шторма. Поскольку в южном полушарии законы штормов меняются на противоположные, правила управления судами также неизбежно меняются на

противоположные. Сильная зыбь особенно характерна для этих штормов. В открытом море зыбь часто простирается на много лиг за пределы досягаемости вызвавшего ее шторма.

Водяные смерчи вызываются небольшими вихрями, которые всегда возникают на большом расстоянии от той части моря, из которой начинает подниматься фонтан, где обычно спокойно. Вихрь создается двумя воздушными потоками, которые, двигаясь в противоположных направлениях, сжимают друг друга своим толчком, так что они спиральными вихрями поднимаются к облакам. Они медленно движутся по поверхности моря, иногда вертикально, а иногда по закрученным спиральям, приводя море в сильное волнение при прохождении и поднимая воду вверх силой вращения. Иногда вихри начинаются в облаках и опускаются к морю.

РАЗДЕЛ XVI.

Звук—Распространение звука, иллюстрируемое полем стоящей кукурузы—Природа волн—Распространение звука через атмосферу—Интенсивность—Шумы—Музыкальный звук—Качество—Высота звука—Степень слышимости человека—Скорость звука в воздухе, воде и твердых телах—Причины помех звуку—Закон его интенсивности—Отражение звука—Эхо—Раскаты грома—Преломление звука—Интерференция звуков.

Одним из наиболее важных применений атмосферы является передача звука. Без воздуха в природе царила бы гробовая тишина, поскольку, как и все вещества, он имеет тенденцию передавать вибрации телам, соприкасающимся с ним. Следовательно, колебания, воспринимаемые воздухом, будь то от внезапного импульса, такого как взрыв или вибрации музыкального аккорда, распространяются во всех направлениях и вызывают ощущение звука на слуховых нервах. Звон колокола под разряженным ресивером воздушного насоса неслышен, что показывает, что атмосфера действительно является средой распространения звука. При небольших колебаниях глубокой воды в штиль колебания частиц жидкости совершаются в вертикальной плоскости, то есть вверх и вниз, или под прямым углом к направлению распространения волн. Но колебания частиц воздуха, производящие звук, отличаются от этих, поскольку совершаются в том же направлении, в котором распространяются звуковые волны. Распространение звука было проиллюстрировано на примере кукурузного поля, колеблемого ветром. Каким бы нерегулярным ни казалось движение зерна при поверхностном взгляде, при постоянной скорости ветра можно обнаружить, что все волны в точности одинаковы, и что все они разделены равными интервалами и движутся в одинаковое время.

Внезапный порыв ветра одинаково и последовательно прижимает каждый початок в направлении ветра, но вследствие эластичности стеблей и силы импульса каждый початок не только снова поднимается, как только давление снимается, но и почти на столько же отклоняется назад в противоположном направлении, а затем продолжает колебаться взад и вперед в равные промежутки времени, подобно маятнику, все в меньшей степени, пока сопротивление воздуха не положит конец движению. Эти колебания одинаковы для каждого отдельного початка кукурузы. Однако, поскольку все их колебания начинаются не

одновременно, а последовательно, початки будут находиться в различных положениях в любой момент времени. Некоторые из продвигающихся ушей встретятся с другими в своих возвратных вибрациях, и, поскольку время колебаний у всех одинаковое, они будут располагаться вместе через равные промежутки времени. Между ними будут равные промежутки, где ушей будет немного из-за того, что они согнуты в противоположных направлениях; и через другие равные промежутки они будут находиться в своем естественном вертикальном положении. Таким образом, по всему полю между початками кукурузы будет происходить регулярная серия уплотнений и разрежения, разделенных равными интервалами, где они будут находиться в своем естественном состоянии плотности. В результате этих изменений поле будет отмечено чередованием ярких и темных полос. Таким образом, последовательные волны, проносящиеся над колосьями со скоростью ветра, полностью отличаются от колебаний каждого отдельного колоса и совершенно независимы от них, хотя оба происходят в одном и том же направлении. Длина волны равна расстоянию между двумя ушами, находящимися точно в одинаковом состоянии движения или движущимися сходным образом, а время вибрации каждого уха равно тому, которое проходит между приходом двух последовательных волн в одну и ту же точку. Единственное различие между колебаниями кукурузного поля и колебаниями воздуха, производящими звук, состоит в том, что каждый початок кукурузы приводится в движение внешней причиной и не подвержен влиянию движения остальных; тогда как в воздухе, который является сжимаемой и эластичной жидкостью, когда одна частица начинает колебаться, она передает свои вибрации окружающим частицам, которые передают их соседним, и так далее непрерывно. Следовательно, в результате последовательных колебаний частиц воздуха происходят те же регулярные уплотнения и разрежения, что и на кукурузном поле, создавая волны во всей воздушной массе, хотя каждая молекула, подобно каждому отдельному кукурузному початку, никогда не выходит далеко из своего состояния покоя. Маленькие волны жидкости и колебания воздуха, подобные волнам в кукурузе, очевидно, не являются реальными массами, движущимися в том направлении, в котором они продвигаются, а просто очертаниями, движениями или формами, проходящими вдоль и охватывающими все частицы колеблющейся жидкости, которые одновременно находятся в вибрирующем состоянии. Таким образом, импульс, подаваемый в любую точку атмосферы, последовательно распространяется во всех направлениях волной, расходящейся, как от центра сферы, на все большие расстояния, но с уменьшающейся интенсивностью, вследствие увеличения числа частиц инертной материи, которые должна перемещать сила; подобно волнам, образующимся в спокойной воде от падающего камня, которые распространяются по кругу вокруг центра возмущения (N. 160).

Интенсивность звука зависит от силы и протяженности начальных колебаний воздуха; но, какими бы они ни были, каждое колебание, однажды сформированное, может передаваться только прямо вперед и никогда не возвращается обратно, если не отражается от встречного препятствия. Колебания молекул воздуха всегда чрезвычайно малы, в то время как звуковые волны варьируются от нескольких дюймов до нескольких футов. Различные музыкальные инструменты, человеческий голос и голос животных, пение птиц, жужжание насекомых, рев водопада, свист ветра и другие безымянные особенности звука одновременно демонстрируют бесконечное разнообразие режимов воздушной вибрации и поразительную остроту и деликатность слуха, благодаря чему он способен улавливать мельчайшие различия в законах молекулярных колебаний.

Все простые шумы вызваны нерегулярными импульсами, поступающими в ухо; и, если они короткие, внезапные и повторяются сверх определенной степени быстроты, ухо теряет

интервалы тишины, и звук кажется непрерывным. И все же такие звуки будут простым шумом: чтобы произвести музыкальный звук, импульсы и, следовательно, колебания воздуха должны быть абсолютно одинаковыми по продолжительности и интенсивности и повторяться через точно равные промежутки времени. Если ударить по ближайшему из ряда широких, плоских и равноудаленных частоколов, расположенных по краям на прямой линии от уха, каждый частокол повторит звук; и это эхо, возвращаясь к уху через последовательные равные промежутки времени, издаст музыкальную ноту. Качество музыкальной ноты зависит от резкости, а ее интенсивность - от силы и размаха первоначального импульса. В теории гармонии единственное свойство звука, принимаемое во внимание, - это высота звука, которая меняется в зависимости от частоты колебаний. Серьезные или низкие тона создаются очень медленными вибрациями, частота которых увеличивается по мере того, как нота становится более острой. Самый низкий мужской голос совершает 396 колебаний в секунду, в то время как самый высокий женский - 2112. Очень низкие звуки слышны не всем одинаково, и доктор Волластон, который провел множество экспериментов над слухом, обнаружил, что многие люди, хотя и не совсем глухие, совершенно нечувствительны к крику биты или сверчка, в то время как для других он болезненно пронзителен. Из своих экспериментов он пришел к выводу, что человеческий слух ограничен примерно девятью октавами, простирающимися от самой низкой ноты органа до самого высокого известного крика насекомых; и он со свойственной ему оригинальностью замечает, что “поскольку в природе атмосферы нет ничего, что препятствовало бы существованию вибраций, несравненно более частых, чем те, которые мы осознаем, мы можем представить, что животные, подобные грилли, чьи способности, по-видимому, начинаются почти там, где заканчиваются наши, могут обладать способностью слышать еще более резкие звуки, о существовании которых мы не знаем, и что могут быть другие насекомые, слышащие ничего общего с нами, но наделенный способностью возбуждать и чувствовать, воспринимающим вибрации, действительно, той же природы, что и те, которые составляют наши обычные звуки, но настолько отдаленные, что можно сказать, что животные, воспринимающие их, обладают другим чувством, совпадающим с нашим исключительно по тому, посредством чего оно возбуждается”.

Месье Савар, столь хорошо известный количеством и красотой своих исследований в области акустики, доказал, что высокую ноту заданной интенсивности, которую слышат одни уши, а другие нет, следует приписывать не ее высоте, а ее слабости. Его эксперименты и эксперименты, проведенные совсем недавно профессором Уитстоуном, показывают, что, если бы импульсы можно было сделать достаточно мощными, было бы трудно установить предел слышимости человека на обоих концах шкалы. У М. Савара было колесо диаметром около девяти дюймов с 360 зубьями, расположенными на равных расстояниях вокруг его обода, так что во время движения каждый зуб последовательно ударялся о лист карты. Тон увеличивался по высоте с быстротой вращения и был очень чистым, когда количество ударов не превышало трех-четырёх тысяч в секунду, но после этого он становился слабым и нечетким. С колесом большего размера можно было получить гораздо более высокий тон, потому что зубья были шире расставлены, удары были более интенсивными и более удаленными друг от друга. При наличии 720 зубьев на колесе диаметром тридцать два дюйма был слышен звук, производимый 12 000 ударов в секунду, что соответствует 24 000 вибрациям музыкального аккорда. Так что человеческое ухо может воспринять звук, который длится всего 24 000-ю долю секунды. Эта нота была отчетливо услышана месье Саваром и несколькими присутствовавшими людьми, что

убедило его в том, что с помощью другого аппарата можно было бы добиться еще более резких звуков.

Для получения глубоких тонов месье Савар использовал железный брусок длиной два фута восемь дюймов, шириной около двух дюймов и толщиной в полдюйма, который вращался вокруг своего центра, как если бы его рычаги были спицами колеса. Когда такая машина вращается, она создает в воздухе движение, подобное ее собственному, и, когда тонкую доску или карточку подносят близко к ее краям, поток воздуха на мгновение прерывается в тот момент, когда каждая ветвь перекадины проходит перед картой; она сжимается над картой и расширяется ниже; но в тот момент, когда спица проходит, поток воздуха для восстановления равновесия производит своего рода взрыв, и, когда они быстро сменяют друг друга, издается музыкальная нота высотой, пропорциональной скорости вращения. Когда месье Савар медленно поворачивал этот такт, раздавалась последовательность одиночных ударов; по мере увеличения скорости звук становился всего лишь дребезжанием; но как только стало достаточно восьми ударов в секунду, стала отчетливо слышна очень глубокая музыкальная нота, соответствующая шестнадцати одиночным колебаниям в секунду, что является самым низким из производимых до сих пор. Когда скорость вращения стержня была значительно увеличена, интенсивность звука стала едва переносимой. Спицы вращающегося колеса создают ощущение звука по тому же принципу, по которому вращающаяся горящая палочка создает впечатление светящегося круга. Вибрации, возбуждаемые в органе слуха одним ударом, не прекращаются до тех пор, пока не будет дан другой импульс. Действительно, необходимо, чтобы впечатления, производимые на слуховые нервы, накладывались друг на друга, чтобы произвести полное и продолжительное звучание. В целом, месье Савар пришел к выводу, что самые острые звуки были бы слышны с такой же легкостью, как звуки более низкой высоты, если бы продолжительность ощущения, производимого каждым импульсом, можно было уменьшить пропорционально увеличению числа импульсов в данный момент времени; и наоборот, если бы продолжительность ощущения, производимого каждым импульсом, можно было увеличить пропорционально их количеству в данный момент времени, то самые глубокие тона были бы так же слышны, как и любые другие.

Скорость звука равномерна и не зависит от природы, протяженности и интенсивности первичного возмущения. Следовательно, звуки любого качества и высоты звука распространяются с одинаковой скоростью. Малейшая разница в их скорости несовместима ни с гармонией, ни с мелодией, поскольку ноты разной высоты и интенсивности, звучащие вместе на небольшом расстоянии, достигают уха в разное время. Быстрая смена нот в этом случае привела бы к путанице и диссонансу. Но поскольку скорость, с которой передается звук, зависит от эластичности среды, через которую он должен проходить, все, что стремится увеличить эластичность воздуха, должно также ускорять распространение звука. По этой причине его скорость больше в теплую погоду, чем в холодную, при условии постоянного давления атмосферы. В сухом воздухе при температуре замерзания звук распространяется со скоростью 1090 футов в секунду, а при любой более высокой температуре на каждый градус термометра выше 32 ° приходится один фут: следовательно, при 62 ° по Фаренгейту его скорость в секунду составляет 1120 футов, или 765 миль в час, что составляет примерно три четверти суточной скорости на экваторе Земли. Поскольку все явления передачи звука являются простыми следствиями физических свойств воздуха, они были строго предсказаны и вычислены в соответствии с законами механики. Однако было обнаружено, что скорость звука, определенная наблюдением, превысила то, что должно было быть теоретически, на 173 фута,

или примерно на одну шестую от общей величины. Ла Плейс предположил, что это несоответствие может быть вызвано повышенной эластичностью воздуха вследствие выделения скрытого или поглощенного тепла (N. 178) во время колебаний звука, и расчеты подтвердили точность его взглядов. Молекулы воздуха, подвергаясь внезапному сжатию, отдают поглощенное ими тепло; и, поскольку воздух слишком плохой проводник, чтобы быстро отводить его, это вызывает кратковременное и локальное повышение температуры, которое, увеличивая эластичность воздуха без одновременного увеличения его инерции, заставляет движение распространяться быстрее. Анализ дает истинную скорость звука в терминах повышения температуры, которую воздушная масса способна сообщить самой себе за счет выделения собственного поглощенного тепла при внезапном сжатии в заданном соотношении. Это изменение температуры, однако, не могло быть получено *непосредственно* ни с помощью каких экспериментов, которые проводились в ту эпоху; но, перевернув задачу и приняв скорость звука, заданную экспериментом, было вычислено, что температура воздушной массы повышается на девять десятых градуса, когда сжатие равно $\frac{1}{116}$ от ее объема.

Вероятно, все жидкости эластичны, хотя для их сжатия требуется значительное усилие. Вода подвергается конденсации, равной почти $0 \cdot 0000496$ на каждую атмосферу давления, и, следовательно, способна передавать звук даже быстрее, чем воздух, скорость которого составляет 4708 футов в секунду. Человек под водой слабо слышит звуки, издаваемые в воздухе, но те, что издаются в воде, очень отчетливы. Согласно экспериментам М. Колладона, звук колокола передавался под водой через Женевское озеро на расстояние около девяти миль. Он также понял, что распространению звука через воду сильно препятствует расположение какого-либо объекта, такого как выступающая стена; следовательно, звук под водой напоминает свет, поскольку имеет отчетливую тень. Его гораздо меньше в воздухе, он передается вокруг зданий или других препятствий, так что слышен во всех направлениях, хотя часто со значительным уменьшением интенсивности, например, когда экипаж поворачивает за угол улицы.

Скорость звука при прохождении через твердые тела пропорциональна их твердости и намного больше, чем в воздухе или воде. Звук, которому требуется некоторое время для распространения по воздуху, почти мгновенно проходит по проводу длиной в шестьсот футов; следовательно, он слышен дважды — сначала в том виде, в каком передается по проводу, а затем через воздух. Легкость, с которой звуковые колебания передаются по поверхности бревна, хорошо известна. Действительно, они проходят сквозь железо, стекло и некоторые породы дерева со скоростью 18 530 футов в секунду. Скорости звука препятствуют различные обстоятельства, такие как падающий снег, туман, дождь или любая другая причина, нарушающая однородность среды, через которую ему приходится проходить. М. де Гумбольдт говорит, что именно из-за большей однородности атмосферы ночью звуки слышны лучше, чем днем, когда ее плотность постоянно меняется из-за частичных колебаний температуры. Его внимание было привлечено к этому предмету на равнине, окружающей Миссию Апурес, стремительным шумом огромных водопадов Ориноко, который ночью, казалось, был в три раза громче, чем днем. Это он проиллюстрировал экспериментом. Нельзя заставить высокий бокал, наполовину наполненный шампанским, звенеть до тех пор, пока продолжается шипение. Чтобы издать музыкальную ноту, бокал вместе с содержащейся в нем жидкостью должен вибрировать в унисон как единая система, чего он не может делать из-за неподвижного воздуха, поднимающегося через вино и нарушающего его однородность, поскольку колебания газа намного медленнее колебаний жидкости, скорость звука постоянно прерывается. По той же

причине передача звука, а также света затруднена при прохождении через атмосферу переменной плотности. Сэр Джон Гершель в своем замечательном Трактате о звуке так объясняет это явление: “Очевидно, - говорит он, - что звук, так же как и свет, должен быть затруднен, заглушен и отклонен от своего первоначального направления смесью воздуха различной температуры и, следовательно, упругости; и, таким образом, та же самая причина, которая создает ту чрезвычайную прозрачность воздуха ночью, которую в полной мере осознают только астрономы, делает его также более благоприятным для звука. Однако нет сомнения, что всеобщая и мертвая тишина, обычно царящая ночью, делает наши слуховые нервы восприимчивыми к впечатлениям, которые в противном случае остались бы незамеченными. Аналогия между звуком и светом совершенна в этом, как и во многих других отношениях. При обычном дневном свете звезды исчезают. В непрерывном гуле голосов, который всегда продолжается днем и который доносится до нас отовсюду и никогда не оставляет уху времени для достижения полного спокойствия, те слабые звуки, которые привлекают наше внимание ночью, не производят никакого впечатления. Уху, как и глазу, требуется длительный и совершенный покой, чтобы достичь максимальной чувствительности”.

В доказательство силы и четкости, с которой звук проходит над поверхностью воды или льда, можно привести множество примеров. Лейтенант Форстер смог продолжить разговор через замерзшую гавань Порт-Боуэн на расстоянии полутора миль.

Интенсивность звука зависит от степени отклонения молекул жидкости, от энергии временных уплотнений и расширений, а также от большего или меньшего количества частиц, которые испытывают эти эффекты. Мы оцениваем эту интенсивность по толчку молекул жидкости, воздействующих на наши органы, который, следовательно, равен квадрату скорости, а не по их инерции, которая равна простой скорости. В последнем случае звука не было бы, потому что инерция отступающих воздушных волн уничтожила бы равную и противоположную инерцию тех, что наступают; отсюда можно заключить, что интенсивность звука уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния от его источника. Однако в трубе сила звука не ослабевает, как на открытом воздухе, за исключением, возможно, трения о стенки. М. Био в результате ряда чрезвычайно интересных экспериментов, проведенных на трубах акведуков в Париже, обнаружил, что непрерывный разговор может вестись как можно более низким шепотом через цилиндрическую трубку длиной около 3120 футов, при этом время передачи через это пространство составляет $2 \cdot 79$ секунд. В большинстве случаев звук расходится во всех направлениях, так что в любой момент времени он занимает сферическую поверхность; но доктор Янг показал, что существуют исключения, как, например, когда плоская поверхность вибрирует только в одном направлении. Звук становится наиболее интенсивным, когда ухо находится под прямым углом к поверхности, тогда как в направлении, точно перпендикулярном ее краю, он едва слышен. В этом случае невозможно воздействовать таким же образом на весь окружающий воздух, поскольку частицы за зондирующей поверхностью должны двигаться к ней всякий раз, когда частицы перед ней отступают. Следовательно, в одной половине окружающей сферы воздуха его движения являются обратными, в то время как в другой половине они прямые; следовательно, на краях, где эти две части встречаются, движения воздуха не будут ни обратными, ни прямыми, и поэтому он должен находиться в состоянии покоя.

Из теории, а также из повседневного опыта следует, что звук способен отражаться от поверхностей (N. 179) по тем же законам, что и свет. Действительно, любой, кто наблюдал

отражение волн от стены на берегу реки после прохождения парохода, будет иметь совершенное представление об отражении звука и света. Поскольку каждое вещество в природе более или менее эластично, оно может приводиться в движение по своему собственному закону импульсом массы колеблющегося воздуха; и в ответ поверхность посредством своей реакции передаст свои колебания обратно в воздух. Такие отражения создают эхо; и поскольку между двумя или более препятствиями может происходить их серия, каждое из них будет вызывать эхо первоначального звука, становящееся все слабее и слабее, пока не затихнет совсем; потому что звук, как и свет, ослабляется отражением. Если отражающая поверхность будет вогнутой по отношению к человеку, звук будет приближаться к нему с повышенной интенсивностью, которая будет еще больше, если поверхность будет сферической и концентрической по отношению к нему. Колебания звука, расходящиеся от одного фокуса эллиптической оболочки (N. 180), сходятся в другом после отражения. Следовательно, звук из одного будет слышен в другом, как если бы он находился близко к уху. Раскатистый шум грома был объяснен реверберацией между различными облаками, что, возможно, в определенной степени так и есть. Сэр Джон Гершель придерживается мнения, что чрезвычайно продолжительный раскат, вероятно, обусловлен сочетанием звуков, поскольку скорость распространения электричества несравненно выше скорости звука, можно рассматривать гром как исходящий из каждой точки вспышки молнии в одно и то же мгновение. Звук из ближайшей точки долетит первой; и если вспышка пройдет по прямой линии от человека, шум будет доноситься все позже и позже из отдаленных точек ее пути в виде непрекращающегося рева. Если направление вспышки наклонное, последовательность звуков будет более быстрой и интенсивной: и если молния опишет круговую дугу вокруг человека, звук будет исходить из всех точек одновременно с оглушительным грохотом. Подобным образом подземные шумы, слышимые во время землетрясений, такие как отдаленный гром, могут возникать в результате последовательного поступления в ухо колебаний, распространяющихся в одно и то же мгновение из более близких и более удаленных точек; или, если они исходят из одной и той же точки, звук может проходить разными путями через слои разной плотности.

Звуки под водой очень отчетливо слышны в воздухе непосредственно над головой; но интенсивность их с большой скоростью ослабевает по мере удаления наблюдателя и совершенно не слышна на расстоянии двухсот-трехсот ярдов. Таким образом, звуковые волны, подобно волнам света, переходя из плотной среды в разреженную, не только преломляются, но и полностью отражаются при очень наклонных падениях (N. 189).

Законы интерференции распространяются и на звук. Ясно, что две равные и схожие музыкальные струны будут звучать в унисон, если они передают воздуху одинаковое количество вибраций за одно и то же время. Но если две такие струны настолько близки к унисону, что одна совершает сто колебаний в секунду, а другая — сто одно за тот же период, то в течение первых нескольких колебаний два результирующих звука объединятся, образуя один звук удвоенной интенсивности, потому что воздушные волны будут ощутимо совпадать по времени и месту; но одна будет постепенно усиливаться над другой, пока на пятидесятой вибрации она не будет опережать ее на половину колебания. Тогда волны воздуха, производящие звук, будут ощутимо равны, но отстающая часть одной из них совпадет с наступающей частью другой, они уничтожат друг друга и вызовут мгновение тишины. Сразу после этого звук возобновится и будет постепенно усиливаться до сотой вибрации, когда две волны объединятся, чтобы произвести звук, вдвое превышающий интенсивность любой из них. Эти интервалы тишины и наибольшей интенсивности, называемые ударами, будут повторяться каждую секунду; но если ноты сильно

отличаются друг от друга, чередование будет напоминать погремушку; и если струны будут в совершенном унисоне, ударов не будет, поскольку не будет помех. Таким образом, под интерференцией подразумевается сосуществование двух колебаний, при которых длины волн одинаковы. И поскольку величина волны может быть уменьшена добавлением другой волны, передаваемой в том же направлении, отсюда следует, что одна волна может быть полностью уничтожена другой, когда волны той же длины передаются в том же направлении, при условии, что максимумы волн равны и что одна следует за другой на половину длины волны. Камертон представляет собой хороший пример интерференции. Когда этот инструмент вибрирует, две его ветви попеременно удаляются друг от друга и приближаются друг к другу; каждая передает свои вибрации воздуху, и следствием этого является музыкальная нота. Если вилку держать вертикально примерно в футах от уха и поворачивать вокруг своей оси, одновременно вибрируя, при каждой четверти оборота звук будет едва слышен, в то время как в промежуточных точках он будет сильным и чистым. Это явление возникает из-за интерференции колебаний воздуха, исходящих от двух ответвлений вилки. Когда две ветви совпадают или когда они находятся на равных расстояниях от уха, воздушные волны объединяются, усиливая друг друга; но в квадрантах, где две ветви находятся на неодинаковых расстояниях от уха, длины волн различаются на половину волны и, следовательно, уничтожают друг друга.

РАЗДЕЛ XVII.

Вибрация музыкальных струн—Гармонические звуки—Узлы—Вибрация воздуха в духовых-
Инструменты—Вибрация твердых тел—Вибрирующие пластины—Колокола—Гармония—Деки—
Принудительные вибрации—Резонансные говорящие машины.

Когда частицы упругих тел внезапно возмущаются импульсом, они возвращаются в свое естественное положение с помощью серии изохронных колебаний, скорость, сила и постоянство которых зависят от эластичности, формы и способа агрегации, объединяющего частицы тела. Эти колебания передаются воздуху и благодаря его упругости вызывают попеременные уплотнения и расширения в слоях жидкости, ближайших к колеблющемуся телу; отсюда они распространяются на некоторое расстояние. Струна или проволока, натянутая между двумя штифтами, если ее оттянуть в сторону и внезапно отпустить, будет вибрировать до тех пор, пока ее собственная жесткость и сопротивление воздуха не приведут ее в состояние покоя. Эти колебания могут быть вращательными в каждой плоскости или ограниченными одной плоскостью в зависимости от того, как передается движение. В пиано-форте, где по струнам ударяют молотком с одной стороны, вибрации, вероятно, состоят из выпуклости, бегущей назад и вперед из конца в конец. Различные режимы вибрации могут быть получены от одного и того же звучащего органа. Предположим, что вибрирующая струна выдает самую низкую ноту До фортепиано, которая является основной нотой струны; если ее слегка коснуться точно посередине, чтобы сохранить эту точку в покое, каждая половинка будет вибрировать в два раза быстрее, чем вся, но в противоположных направлениях; брюшные или выпуклые сегменты будут попеременно выше и ниже естественного положения струны, и результирующая нота будет на октаву выше С. Когда точка на трети длины струны остается в покое, колебания

будут в три раза быстрее, чем у всей струны, и результирующая нота будет на октаву выше С. даст двенадцатую над С. Когда точка покоя составляет одну четвертую от целого, колебания будут в четыре раза быстрее, чем у основной ноты, и дадут двойную октаву; и так далее. Эти острые звуки называются гармониками основной ноты. Из сказанного ясно, что вибрирующая таким образом струна не могла бы самопроизвольно издавать эти гармоники, если бы она не разделилась в своих аликвотных частях на два, три, четыре или более сегмента в противоположных состояниях вибрации, разделенных точками, фактически находящимися в состоянии покоя. В доказательство этого кусочки бумаги, помещенные на струну в половине, третьей, четвертой или других точках аликвоты, в соответствии с соответствующим гармоническим звуком, останутся на ней во время ее вибрации, но мгновенно отлетят от любой из промежуточных точек. Точки покоя, называемые узловыми точками веревки, являются простым следствием закона интерференции; ибо, если веревку, закрепленную на одном конце, перемещать взад и вперед на другом конце так, чтобы передавать по ней последовательность равных волн, они будут последовательно отражаться, когда достигнут другого конца веревки от неподвижной точки, и, возвращаясь, они будут время от времени мешать набегающим волнам; и, поскольку эти противоположные колебания в определенных точках будут уничтожать друг друга, точка веревки, в которой это происходит, останется в покое. Таким образом, будет получена серия узлов и брюшных сегментов, количество которых будет зависеть от натяжения и частоты попеременных движений, сообщаемых подвижному концу. Итак, когда веревка, закрепленная на обоих концах, приводится в движение внезапным ударом в любой ее точке, первичный импульс разделяется на два импульса, идущих в противоположных направлениях, каждый из которых полностью отражается на концах и, возвращаясь обратно по всей длине, снова отражается на других концах. И, таким образом, они будут продолжать двигаться взад и вперед, пересекая друг друга на каждом пересечении и иногда пересекаясь, образуя узлы; так что движение нити, закрепленной на обоих концах, состоит из волны или импульса, постоянно удваивающегося за счет отражения на неподвижных концах.

Гармоники обычно сосуществуют с основным звуком в одном и том же вибрирующем теле. Если ударить по одной из самых низких струн фортепиано, внимательное ухо не только услышит основную ноту, но и уловит все остальные, звучащие вместе с ней, хотя и со все меньшей интенсивностью по мере того, как их высота становится выше. Согласно закону сосуществующих колебаний, вся струна и каждая из ее отдельных частей одновременно находятся в разных и независимых состояниях вибрации; и поскольку все результирующие ноты слышны одновременно, не только воздух, но и ухо вибрирует в унисон с каждой из них в одно и то же мгновение (N. 181).

Гармония заключается в приятном сочетании звуков. Когда два аккорда совершают свои колебания в одно и то же время, они находятся в унисоне; но когда их вибрации настолько взаимосвязаны, что имеют общий период, после нескольких колебаний они производят согласие. Таким образом, когда колебания двух струн находятся в очень простом отношении друг к другу, например, когда одна из них совершает два, три, четыре и т. Д. колебания за то время, пока другая совершает одно; или, если она совершает три, четыре и т. Д. колебания, в то время как другая совершает два, результатом является согласие, которое тем совершеннее, чем короче общий период. В диссонансах, напротив, удары отчетливо слышны, что производит неприятный и резкий эффект, потому что вибрации не имеют простого отношения друг к другу, например, когда одна из двух струн совершает восемь колебаний, в то время как другая - пятнадцать. Удовольствие, доставляемое гармонией, доктор Янг объясняет любовью к порядку

и склонностью к регулярному повторению ощущений, естественных для человеческого разума, который удовлетворяется совершенной регулярностью и быстрым повторением вибраций. Любовь к поэзии и танцам, по его мнению, в какой-то степени проистекает из ритма одного и регулярности движений другого.

Струя воздуха, проходящая над открытым концом трубки, как над язычками в трубках Пэна; над отверстием с одной стороны, как во флейте; или через отверстие, называемое язычком, с гибким язычком, как в кларнете, вызывает продольные колебания внутреннего столба воздуха за счет попеременного уплотнения и разрежения его частиц. В то же время колонна самопроизвольно делится на узлы, между которыми воздух также вибрирует в продольном направлении, но с быстротой, обратно пропорциональной длине делений, давая основную ноту или одну из ее гармоник. Узлы изготавливаются по принципу помех путем отражения продольных колебаний воздуха на концах трубы, как в музыкальной струне, только в одном случае колебания продольные, а в другом поперечные.

Труба, открытая или закрытая с обоих концов, при звуке вибрирует целиком или самопроизвольно разделяется на два, три, четыре и т.д. сегмента, разделенных узлами. Вся колонна передает основную ноту волнами или вибрациями той же длины, что и труба. Первая гармоника создается волнами вдвое меньшей длины, чем трубка, вторая гармоника - волнами на треть большей длины и так далее. Гармонические сегменты в открытой и закрытой трубах имеют одинаковое количество, но расположены по-разному. В закрытой трубе два конца являются узлами, но в открытой трубе на каждом конце есть по половине сегмента, потому что воздух в этих точках не является ни разреженным, ни конденсированным, находясь в контакте с тем, что находится снаружи. Если закрыть один из концов открытой трубы, ее основная нота будет на октаву ниже: воздух теперь разделится на три, пять, семь и т. Д. сегментов; и волна, производящая основную ноту, будет вдвое длиннее трубы, так что она удвоится (N. 182). Все эти ноты могут быть получены отдельно путем изменения интенсивности звука. При постоянном и мягком дуновении будет звучать основная нота; при увеличении силы порыва вся нота сразу поднимется на октаву; при увеличении интенсивности ветра будет слышна двенадцатая; и, продолжая увеличивать силу порыва, можно получить другие гармоники, но никакая сила ветра не произведет ноту, промежуточную между ними. Гармоники флейты могут быть получены таким образом, начиная с самого низкого уровня C или D и выше, без изменения аппликатуры, просто увеличивая интенсивность звука и изменяя форму губ. Трубы одинаковых размеров, будь то из свинца, стекла или дерева, дают тот же тон, что и высота звука, при тех же обстоятельствах, что показывает, что звук производит только воздух.

Металлические пружины, закрепленные на одном конце, при сильном изгибе стремятся вернуться в исходное положение за счет серии вибраций, которые издают очень приятные звуки, как в музыкальных шкатулках. Были сконструированы различные музыкальные инструменты, состоящие из металлических пружин, приводимых в вибрацию потоком воздуха. К числу наиболее совершенных из них относятся симфонион, концертино и Эолов орган мистера Уитстоуна - инструменты с различными эффектами и возможностями, но все они обладают значительным исполнением и экспрессией.

Сирена - это оригинальный инструмент, изобретенный М. Каньяром де ла Туром для определения количества пульсаций в секунду, соответствующих каждой высоте звука: ноты издаются струями воздуха, проходящими через небольшие отверстия, расположенные на

равном расстоянии по кругу на боковой стороне коробки, перед которыми вращается диск с таким же количеством отверстий. Во время вращения диска токи попеременно перехватываются и пропускаются столько раз, сколько в нем имеется отверстий, и издается звук, высота которого зависит от скорости вращения.

Стеклянный или металлический стержень, если ударить по нему с одного конца или потереть по его длине влажным пальцем, вибрирует в продольном направлении, подобно столбу воздуха, за счет попеременного уплотнения и расширения составляющих его частиц, производя чистую и красивую музыкальную ноту высокой высоты из-за скорости, с которой эти вещества передают звук. Стержни, поверхности и, в общем, все волнообразные тела распадаются на узлы. Но в поверхностях части, которые остаются в покое во время своих колебаний, представляют собой линии, которые являются изогнутыми или плоскими в зависимости от вещества, его формы и способа вибрации. Если насыпать немного мелкого сухого песка на поверхность стеклянной или металлической пластины и вызвать колебания, проведя смычком скрипки по ее краю, она издаст музыкальный звук, и песок немедленно соберется в узловых линиях, где только он будет накапливаться и оставаться в состоянии покоя, потому что сегменты поверхности с каждой стороны будут находиться в разных состояниях вибрации, один из которых повышен, а другой подавлен; и, поскольку эти два движения встречаются в узловых линиях, они нейтрализуют друг друга. Эти линии различаются по форме и положению в зависимости от того, где натягивается лук, и от точки, за которую удерживается пластина. Движение песка показывает, в каком направлении происходят колебания. Если они расположены перпендикулярно поверхности, песок будет сильно подбрасываться вверх и вниз, пока не найдет точки опоры. Если они будут касательными, песок будет ползти только по поверхности к узловым линиям. Иногда волнистости бывают наклонными или складываются из обоих предыдущих. Если провести луком по одному из углов квадратной пластины из стекла или металла, прочно удерживаемой в центре, песок расположится двумя прямыми линиями, параллельными сторонам пластины и пересекающимися в центре, так что он разделится на четыре равных квадрата, движения которых будут противоположны друг другу. Два диагональных квадрата совершают свои перемещения по одной стороне пластины, в то время как два других совершают свои колебания по другой ее стороне. Этот режим вибрации обеспечивает самый низкий тон пластины (N. 183). Если тарелку по-прежнему держать за центр, а смычок приложить к середине одной из сторон, колебания будут более быстрыми, а тон - на пятую часть выше, чем в предыдущем случае: теперь песок рассыплется от угла к углу и разделит тарелку на четыре равных треугольника, каждая пара которых будет совершать свои перемещения по противоположным сторонам тарелки. Узловые линии и шаг изменяются не только в зависимости от точки, в которой наносится смычок, но и от точки, в которой удерживается пластина, которая в состоянии покоя обязательно определяет направление одной из линий покоя. Формы, которые принимает песок в квадратных пластинах, очень многочисленны и соответствуют всем различным режимам вибрации. Линии на круглых пластинах еще более примечательны своей симметрией, и по ним формы, принимаемые песком, могут быть классифицированы в трех системах. Первая - это диаметрально-симметричная система, в которой цифры состоят из диаметров, делящих окружность пластины на равные части, каждая из которых находится в состоянии вибрации, отличном от соседних. Например, два диаметра, пересекающиеся под прямым углом, делят окружность на четыре равные части; три диаметра делят ее на шесть равных частей; четыре делят ее на восемь и так далее. На металлической пластине этих делений может быть тридцать шесть или сорок. Следующая - концентрическая система, где песок располагается кругами, имея один центр с

пластиной; и третья - составная система, где фигуры, принятые песком, складываются из двух других, образуя очень сложные и красивые формы. Галилей, по-видимому, был первым, кто заметил точки покоя и движения в деке музыкального инструмента; но Хладни в целом обязан открытием симметричной формы узловых линий в вибрирующих пластинах (N. 184). Профессор Уитстоун показал в статье, прочитанной перед Королевским обществом в 1833 году, что все фигуры Хладни, и действительно, все узловые фигуры вибрирующих поверхностей, являются результатом очень простых режимов вибрации, колеблющихся изохронно и накладывающихся друг на друга; результирующая фигура меняется в зависимости от составляющих режимов вибрации, количества наложений и углов, под которыми они накладываются. Например, если квадратная пластина вибрирует так, чтобы песок располагался прямыми линиями, параллельными одной стороне пластины, и если, в дополнение к этому, возбуждаются такие вибрации, которые вызвали бы образование песка линиями, перпендикулярными первой, если бы пластина находилась в состоянии покоя, объединенные вибрации приведут к образованию песка линиями от угла к углу (N. 185).

Очень интересны эксперименты М. Савара по изучению колебаний плоских стеклянных линеек. Пусть лист стекла длиной 27^{дюймов}, шириной 0.59 дюйма и толщиной 0.06 дюйма будет удерживаться за края посередине так, чтобы его плоская поверхность была горизонтальной. Если посыпать эту поверхность песком и придать ей продольную вибрацию путем протирания ее нижней поверхности влажной тканью, песок на верхней поверхности расположится линиями, параллельными концам пластинки, всегда в одной или другой из двух систем (N. 186). Хотя одна и та же из двух систем всегда будет изготавливаться с помощью одной и той же стеклянной пластины, тем не менее, среди различных пластин предыдущих размеров, даже если они вырезаны из одного и того же листа бок о бок, одна неизменно будет демонстрировать одну систему, а другая - другую, без какой-либо видимой причины для различия. Теперь, если отметить положения этих линий покоя на верхней поверхности и повернуть пластину так, чтобы нижняя поверхность стала верхней, посыпать песком и возбудить вибрации, как и раньше, узловые линии по-прежнему будут параллельны концам пластинки, но их положения будут промежуточными между положениями верхней поверхности (N. 187). Таким образом, оказывается, что все движения одной половины толщины пластинки, или линейки, в точности противоположны движениям соответствующих точек другой половины. Если увеличить толщину пластинки при сохранении остальных размеров, звук не изменится, но количество узловых линий будет меньше. Когда ширина пластинки превышает 0,6 дюйма, узловые линии становятся изогнутыми и различаются на двух поверхностях. За счет увеличения ширины и изменения формы поверхности получается большое разнообразие форм; но во всех случаях кажется, что движения в одной половине толщины противоположны движениям в другой половине.

М. Савар также обнаружил, помещая маленькие бумажные кольца вокруг цилиндрической трубки или стержня таким образом, чтобы они опирались на него только в одной точке, что, когда трубку или стержень постоянно поворачивают вокруг своей оси в одном и том же направлении, кольца скользят во время колебаний, пока не достигнут точки покоя, где и покоятся. Отслеживая эти узловые линии, он обнаружил, что они закручиваются по спирали или закручиваются штопором вокруг стержней и цилиндров, совершая один или несколько оборотов в зависимости от длины; но в определенных точках, количество которых варьируется в зависимости от способа вибрации стержня, винт останавливается и возобновляется с другой стороны, хотя он повернут в противоположном направлении; то есть с одной стороны это винт с правой стороны, с другой - с левой (N. 188). Узловые линии на внутренней поверхности трубки

полностью аналогичны узлам на внешней, но они занимают промежуточное положение. Если поместить в пробирку маленький шарик из слоновой кости, он будет следовать этим узловым линиям, когда пробирка будет вращаться вокруг своей оси.

Все твердые тела, которые звенят при ударе, такие как колокольчики, стаканы для питья, гонги и т. Д., Имеют свою форму, мгновенно и принудительно изменяемую ударом, и из-за их эластичности или тенденции принимать свою естественную форму возникает ряд колебаний вследствие попеременного уплотнения и разрежения частиц твердого вещества. Они также имеют свои гармонические тона и, следовательно, узлы. Действительно, обычно, когда жесткая система любой формы вибрирует в поперечном или продольном направлении, она делится на определенное количество частей, которые совершают свои вибрации, не мешая друг другу. Эти части в каждое мгновение находятся в попеременных состояниях колебания; и поскольку точки или линии, где они соединяются, разделяют оба состояния, они остаются в покое, потому что противоположные движения уничтожают друг друга.

Воздух, несмотря на свою разреженность, способен передавать свои колебания при контакте с телом, способным их воспринимать и возбуждать. Таким образом, симпатические колебания возбуждаются телом, вибрирующим вблизи изолированных натянутых струн, способных следовать за его колебаниями, либо вибрируя целиком, либо разделяясь на свои гармонические подразделения. Если два одинаково натянутых аккорда, из которых один в два или три раза длиннее другого, поместить рядом, и если прозвучит более короткий, его вибрации будут переданы воздухом другому аккорду, который будет приведен в состояние такой вибрации, что будет самопроизвольно разделен на сегменты, равные по длине более короткой струне. Когда камертон получает удар и его заставляют опираться на фортепианную струну во время ее вибрации, каждая струна, которая либо в силу своей естественной длины, либо в силу своих спонтанных подразделений способна производить соответствующие вибрации, отзывается сочувственной нотой. Такой же эффект произведет удар колокольчика рядом с пианино или арфой. Та или иная нота органа обычно звучит в унисон с одним из стекол или со всей оконной рамой, которая, следовательно, звучит при звучании этих нот. Раскат грома часто производит тот же эффект. Звук очень больших органных труб обычно не слышен до тех пор, пока воздух не придет в движение благодаря колебаниям некоторых из превосходных аккордов, и тогда звук становится чрезвычайно энергичным. Повторяющиеся вибрации иногда влияют на периоды друг друга. Например, две соседние органные трубы могут звучать почти в унисон; известно, что два напольных часы, темп которых значительно различался, когда они были разделены, били вместе, когда были прикреплены к одной стене, и одни часы приводили в движение маятник других, когда они просто стояли на том же каменном тротуаре. Эти вынужденные колебания, которые по своим периодам соответствуют периодам возбуждающей причины, можно проследить в каждом разделе физической науки. Несколько их примеров уже встречались в этой работе. Таковы приливы и отливы, которые следуют за солнцем и луной во всех их движениях и периодах. Нутация земной оси также, которая соответствует периоду и представляет движение узлов Луны, снова отражается обратно на Луну и может быть прослежена в нутации лунной орбиты. И, наконец, ускорение среднего движения Луны представляет собой действие планет на землю, отраженное солнцем на Луну.

Вследствие легкости, с которой воздух передает колебания, все явления вибрирующих пластин могут быть продемонстрированы песком, насыпанным на бумагу или пергамент, растянутым по стакану в форме гармошки или большому стакану в форме колокола. Чтобы придать бумаге или

пергаменту должное натяжение, их необходимо намочить, натянуть на стекло, проклеить по краям, дать высохнуть и покрыть лаком, чтобы предотвратить изменение натяжения в зависимости от влажности атмосферы. Если концентрически расположить круглый стеклянный диск над этим устройством так, чтобы его плоскость была параллельна поверхности бумаги, и привести в вибрацию, проведя дугой по его краю, чтобы песок на его поверхности принял любую из фигур Хладни, песок на бумаге примет ту же форму, поскольку колебания диска передаются бумаге воздухом. Когда диск медленно перемещают в горизонтальном направлении, формы на бумаге будут соответствовать формам на диске до тех пор, пока расстояние не станет слишком большим, чтобы воздух мог передавать вибрации. Если диск во время вибрации постепенно все больше и больше наклонять к горизонту, рисунки на бумаге будут меняться в зависимости от степени; и, когда вибрирующий диск перпендикулярен горизонту, песок на бумаге будет формироваться в прямые линии, параллельные поверхности диска, ползая по нему, а не танцуя вверх-вниз. Если заставить диск вращаться по своему вертикальному диаметру во время вибрации, узловые линии на бумаге будут вращаться и точно повторять движение диска. Из этого эксперимента явствует, что движения воздушных молекул в каждой части сферической волны, распространяющейся от вибрирующего тела как центра, параллельны друг другу, а не расходятся подобно радиусам окружности. Когда на флейте рядом с этим аппаратом исполняется медленная мелодия, каждая нота вызывает на песке определенную форму, которую следующая нота стирает, создавая свою собственную. Движение песка позволяет уловить даже те звуки, которые невозможно расслышать. По колебаниям песка на барабане осажденные определили направление, в котором действовала контрмина. Месье Савар, проводивший эти прекрасные эксперименты, использовал этот аппарат для обнаружения узловых линий в воздушных массах. Он обнаружил, что воздух в комнате, колеблясь от продолжающегося звука органа или любым другим способом, разделяется на массы, разделенные узловыми кривыми двойной кривизны, такими как спирали, по обе стороны от которых воздух находится в противоположных состояниях вибрации. Он даже проследил эти неподвижные линии, выходящие в открытое окно и на значительное расстояние на открытом воздухе. Песок сильно перемешивается там, где колебания воздуха наибольшие, и остается в состоянии покоя в узловых линиях. М. Савар заметил, что когда он отводил голову от неподвижной линии вправо, казалось, что звук исходит справа, а когда он поворачивал ее влево, казалось, что звук исходит слева, потому что молекулы воздуха находятся в разных состояниях движения по обе стороны от неподвижной линии.

Музыкальная струна издает очень слабый звук, когда вибрирует сама по себе, из-за небольшого количества воздуха, приводимого в движение; но когда она прикреплена к деке, как в арфе и пиано-форте, она передает свои колебания этой поверхности, а оттуда - каждой части инструмента; так что вся система вибрирует изохронно, и за счет обнажения обширной волнистой поверхности, которая передает свои колебания большой массе воздуха, звук значительно усиливается. Интенсивность наибольшая, когда колебания струны или звучащего тела перпендикулярны деке, и наименьшая, когда они находятся в одной плоскости с ней. Дека *piano-forte* расположена лучше, чем у любого другого струнного инструмента, потому что молотки ударяют по струнам так, что они вибрируют под прямым углом к ним. В гитаре, напротив, они нанесены косо, что делает тон слабым, за исключением случаев, когда боковые стороны, которые также выполняют роль деки, глубокие. Очевидно, что дека и весь инструмент одновременно возбуждаются всеми наложенными друг на друга вибрациями, возбуждаемыми одновременно или последовательно звучащими нотами, каждая из которых обладает своим

совершенным эффектом независимо от остальных. Дека воспроизводит не только различные степени высоты звука, но и все безымянные качества тона. Это было прекрасно проиллюстрировано профессором Уитстоуном в серии экспериментов по передаче через твердые проводники музыкальных исполнений на арфе, фортепиано, скрипке, кларнете и других инструментах. Он обнаружил, что все разновидности высоты звука, качества и интенсивности прекрасно передаются с их относительными градациями и могут быть переданы с помощью проводящих проводов или стержней очень значительной длины на правильно расположенную деку в отдаленной квартире. Звуки всего оркестра могут передаваться и отвечать взаимностью, если соединить один конец металлического стержня с декой рядом с оркестром, расположенной таким образом, чтобы звучали все инструменты, а другой конец - с декой арфы, пианино или гитары в удаленной квартире. Профессор Уитстоун отмечает: “Эффект от этого эксперимента очень приятный; звуки, действительно, имеют столь малую интенсивность, что едва слышны на расстоянии от инструмента, совершающего возвратно-поступательные движения; но, если приложить к нему ухо поближе, можно услышать миниатюрный оркестр, в котором все инструменты сохраняют свои отличительные качества, а фортепиано и форте, крещендо и диминуэндо - их относительные контрасты. По сравнению с обычной группой, которую можно услышать на расстоянии по воздуху, эффект подобен пейзажу, увиденному в миниатюре через вогнутую линзу, по сравнению с той же сценой, видимой обычным зрением через темную атмосферу”.

Каждый знает об усилении звука резонансом полостей. При пении или разговоре вблизи отверстия сосуда с широким горлышком интенсивность какой-либо одной ноты в унисон с воздухом в полости часто значительно возрастает. Любой сосуд будет звучать, если напротив его отверстия поместить тело, вибрирующее естественной нотой полости, и быть достаточно большим, чтобы закрыть его или, по крайней мере, привести в движение большую часть прилегающего воздуха. Ибо звук будет попеременно отражаться дном полости и волнообразным телом у ее устья. Первый импульс волнообразного вещества будет отражен дном полости, а затем волнообразным телом со временем, чтобы объединиться со вторым новым импульсом. Этот усиленный звук также будет дважды отражен во времени, чтобы согласоваться с третьим новым импульсом; и, поскольку тот же процесс будет повторяться с каждым новым импульсом, каждый из них объединится со всеми своими отголосками, чтобы значительно усилить звук. Профессор Уитстоун, изобретательности которого мы обязаны таким количеством новой и ценной информации по теории звука, привел несколько очень поразительных примеров резонанса. Если поднести одну из ветвей вибрирующего камертона к устью флейты, боковые отверстия которой заглушены таким образом, чтобы она могла издавать тот же звук, что и вилка, слабый и едва слышимый звук вилки будет усилен богатым резонансом столба воздуха внутри флейты, и тон будет полным и чистым. Вы обнаружите, что звук значительно уменьшается при закрытии или открытии другого отверстия, поскольку изменение длины столба воздуха приводит к тому, что он больше не подходит для возвратно-поступательного движения вилки. Этот эксперимент можно провести на концертной флейте с камертоном С. Но профессор Уитстоун замечает, что в этом случае обычно необходимо нажимать пальцем на флейту для В, потому что при вдувании ртом нижняя губа частично прикрывает амбушюр, что делает звук примерно на полтона более ровным, чем это было бы, если бы амбушюр был полностью открыт. Он также показал с помощью следующего эксперимента, что любой из нескольких одновременных звуков может быть сделан слышимым отдельно. Если выбрать две бутылки и настроить их, наполнив таким количеством воды, которое

придаст им гармонию с двумя камертонами, различающимися по высоте звука, при поднесении обоих вибрирующих камертонов к горлышку каждой бутылки поочередно, то в каждом случае будет слышен только тот звук, который воспроизводится гармонирующей бутылкой.

Было предпринято несколько попыток имитировать артикуляцию букв алфавита. Примерно в 1779 году мм Кратценштейн из Санкт-Петербурга и Кемпелен из Вены сконструировали инструменты, которые произносили множество букв, слов и даже предложений. Мистер Уиллис из Кембриджа приспособил цилиндрические трубки к трости, длину которой можно изменять по своему усмотрению с помощью скользящих соединений. При вытягивании трубки, когда через нее проходит столб воздуха из мехов органа, гласные произносятся в порядке, *i, e, a, o, u*. При удлинении трубки они повторяются через определенный промежуток времени в обратном порядке, *u, o, a, e, i*. После другого интервала они снова получаются в прямом порядке и так далее. Когда высота звука тростника очень высока, невозможно произнести некоторые гласные, что идеально соответствует человеческому голосу, поскольку певицы не могут произносить *u* и *o* на своих высоких нотах. Исходя из удивительных открытий М. Савара о природе человеческого голоса и исследований м-ра Уиллиса о механизме гортани, можно предположить, что в конечном итоге звучание или произношение современных языков будет передано не только глазу, но и уху потомков. Если бы древние обладали средствами передачи таких определенных звуков, цивилизованный мир все еще откликался бы сочувственными нотами на расстоянии многих веков.

РАЗДЕЛ XVIII.

Рефракция—Астрономическая рефракция и ее законы—Составление таблиц рефракции—Земная рефракция—Ее величина—Случаи необычного рефракции—Отражение—Случаи необычного отражения—Потеря света из—за поглощающей способности атмосферы—Видимая величина Солнца и Луны на горизонте.

Не только все, что мы слышим, но и все, что мы видим, происходит через атмосферу. Без некоторого знания о его воздействии на свет было бы невозможно установить положение небесных тел или даже определить точное местоположение очень удаленных объектов на поверхности земли, поскольку из-за преломляющей способности воздуха ни один удаленный объект не виден в его истинном положении.

Все небесные тела кажутся более возвышенными, чем они есть на самом деле, потому что лучи света, вместо того чтобы проходить через атмосферу по прямым линиям, постоянно отклоняются в сторону земли. Свет, проходящий наклонно из разреженной в более плотную среду, например, из вакуума в воздух или из воздуха в воду, отклоняется или преломляется от своего направления к перпендикуляру к той точке более плотной поверхности, где свет попадает в нее (N. 189). В одной и той же среде синус угла, заключенного между падающим лучом и перпендикуляром, находится в постоянном отношении к синусу угла, заключенного между преломленным лучом и тем же перпендикуляром; но это отношение меняется в зависимости от преломляющей среды. Чем плотнее среда, тем сильнее искривляется луч.

Барометр показывает, что плотность атмосферы уменьшается с увеличением высоты над землей. Прямые эксперименты доказывают, что преломляющая способность воздуха увеличивается с увеличением его плотности. Отсюда следует, что при равномерной температуре преломляющая способность воздуха наибольшая у поверхности земли и уменьшается кверху.

Луч света от небесного объекта, падающий косо на эту изменчивую атмосферу, вместо того чтобы сразу отклоняться от своего курса, постепенно все больше и больше изгибается во время прохождения через нее, так что движется по вертикальной изогнутой линии таким же образом, как если бы атмосфера состояла из бесконечного числа слоев различной плотности. Объект виден по касательной к той части кривой, которая видна глазу; следовательно, видимая высота (N. 190) небесных тел всегда больше их истинной высоты. Благодаря этому обстоятельству звезды видны над горизонтом после того, как они заходят, и день удлиняется из-за того, что видна часть солнца, хотя на самом деле оно находится за округлостью земли. Было бы легко определить направление луча света в атмосфере, если бы был известен закон плотности; но, поскольку этот закон постоянно меняется в зависимости от температуры, случай очень сложный. Когда лучи проходят перпендикулярно из одной среды в другую, они не искривляются; и опыт показывает, что на одной и той же поверхности, хотя синусы углов падения и преломления сохраняют одинаковое соотношение, преломление увеличивается с увеличением наклона падения (N. 189). Следовательно, кажется, что преломление сильнее всего на горизонте, а в зените его нет. Но доказано, что на всех высотах, превышающих десять градусов, преломление изменяется почти пропорционально касательной углового расстояния объекта от зенита и полностью зависит от высоты показаний барометра и термометра. Величина преломления на одном и том же расстоянии от зенита изменяется почти так же, как высота стрелки барометра, поскольку температура постоянна; и результатом изменения температуры является уменьшение величины преломления примерно на 480-ю часть на каждый градус подъема термометра по Фаренгейту. Нельзя слишком полагаться на наблюдения за небесными объектами в пределах менее десяти-двенадцати градусов от горизонта из-за нерегулярных колебаний плотности воздуха у поверхности Земли, которые иногда являются причиной весьма необычных явлений. Влажность воздуха не оказывает заметного влияния на его преломляющую способность; и было доказано, что величина преломления одинакова независимо от скорости падающего света, то есть исходит ли свет от звезды в той части неба, к которой движется земля, или от звезды в той части неба, от которой он удаляется.

Тела, светящиеся или нет, видны только по лучам, которые исходят от них. Поскольку лучи, приближаясь к нам, должны проходить через слои различной плотности, из этого следует, что, за исключением звезд в зените, ни один объект ни в нашей атмосфере, ни за ее пределами не виден на своем истинном месте. Но в обычных случаях отклонение настолько мало, что не вызывает неудобств, хотя при астрономических и тригонометрических наблюдениях необходимо должным образом учитывать эффекты рефракции. Таблицы преломления доктора Брэдли были составлены путем наблюдения зенитных расстояний солнца при его наибольших склонениях и зенитных расстояний полярной звезды выше и ниже полюса. Сумма этих четырех величин равна 180° , уменьшенному на сумму четырех преломлений, откуда была получена сумма четырех преломлений; и, исходя из закона изменения преломления, определенного теорией, он присвоил величину, соответствующую каждой высоте (N. 191). Среднее горизонтальное преломление составляет около $35' 6''$, а на высоте сорока пяти градусов оно составляет $58'' \cdot 36$. Эффект преломления на одной и той же звезде выше и ниже полюса был

замечен Алхазеном, сарацинским астрономом из Испании, в девятом веке; но о его существовании было известно Птолемию во втором, хотя он и не знал о его величине.

Преломление земного объекта оценивается иначе, чем преломление небесного тела. Он измеряется углом, заключенным между касательной к криволинейному пути луча там, где он встречается с глазом, и прямой линией, соединяющей глаз и объект (N. 192). Вблизи поверхности земли траектория луча может быть круговой; и угол в центре земли, соответствующий этой траектории, называется горизонтальным углом. Величина земного преломления получается путем одновременного измерения высоты вершины горы над точкой на равнине у ее основания и впадины в этой точке ниже вершины горы. Расстояние между этими двумя станциями равно хорде горизонтального угла; и легко доказать, что двойное преломление равно горизонтальному углу, увеличенному на разницу между видимой высотой и видимым углублением. Отсюда следует, что при среднем состоянии атмосферы преломление составляет примерно четырнадцатую часть горизонтального угла.

Некоторые весьма необычные явления возникают в результате случайного расширения или уплотнения слоев атмосферы, прилегающих к поверхности Земли, в результате чего удаленные объекты не поднимаются, а опускаются. Иногда, будучи одновременно приподнятыми и подавленными, они кажутся двойными, одно из изображений прямое, а другое перевернутое. Из-за того, что верхние края солнца и луны преломляются меньше, чем нижние, вблизи горизонта они часто кажутся овальными. Очертания берегов, гор и кораблей, если смотреть через море, возникают из-за необычного преломления. Друг автора, находясь на равнинах Индостана, увидел, как открылась вся верхняя цепь Гималаев из-за внезапного изменения плотности воздуха, вызванного сильным ливнем после очень продолжительной сухой и жаркой погоды. Одиночные и двойные изображения объектов в море, возникающие в результате внезапных изменений температуры, которые не так быстро передаются воде из-за ее плотности, как воздуху, происходят реже и имеют меньшую продолжительность, чем аналогичные появления на суше. В 1818 году капитан Скорсби, чьи наблюдения за явлениями полярных морей столь ценны, узнал корабль своего отца по его перевернутому изображению в воздухе, хотя само судно находилось за горизонтом. Позже он обнаружил, что она находилась в семнадцати милях за горизонтом и в тридцати милях от него. Иногда можно увидеть два изображения, подвешенных в воздухе над кораблем, одно прямое, а другое перевернутое, при этом их топ-мачты или корпуса соприкасаются, в зависимости от того, находится перевернутое изображение выше или ниже прямого изображения (N. 193). Доктор Волластон доказал, что эти явления обусловлены преломлением лучей через среды различной плотности, с помощью очень простого эксперимента, когда он смотрел вдоль раскаленной докрасна кочерги на удаленный объект. Видны два изображения, одно прямое, а другое перевернутое, вследствие изменения плотности прилегающего воздуха, вызванного нагревом. Он добился того же эффекта с помощью физиологического или сахаринового раствора с плавающими в нем водой и винным спиртом (N. 194).

Многие явления, которые приписывались необычному преломлению, по-видимому, вызваны частичным или полным отражением лучей света от поверхностей слоев различной плотности (N. 189). Хорошо известно, что, когда свет падает косо на внешнюю поверхность прозрачной среды, например, на стеклянную пластину или слой воздуха, одна часть отражается, а другая пропускается. Но когда свет падает очень косо на внутреннюю поверхность, отражается все, а не проходит ни один луч. Во всех случаях углы, образуемые падающим и отраженным лучами с

перпендикуляром к поверхности, равны, поскольку яркость отраженного изображения зависит от количества света, те, которые возникают в результате полного отражения, должны быть безусловно самыми яркими. Обманчивый вид воды, столь хорошо известный африканским путешественникам и арабам пустыни как Озеро газелей, приписывается отражению, которое происходит между слоями воздуха различной плотности вследствие теплового излучения с засушливых песчаных равнин. Мираж, описанный капитаном Манди в его Дневнике путешествия по Индии, вероятно, возникает по этой причине. “Глубокая обрывистая долина под нами, на дне которой я утром видел одну или две жалкие деревушки, вечером имела полное сходство с прекрасным озером; пар, игравший роль воды, поднимался почти до половины склонов долины, и на его светлой поверхности отчетливо отражались деревья и скалы. Я недолго размышлял над этим феноменом, прежде чем внезапно разразился шторм и опустил на место происшествия завесу облаков”.

Происшествие, произошедшее 18 ноября 1804 года, вероятно, было вызвано размышлениями. Доктор Бакан, наблюдая за восходящим солнцем со скалы примерно в миле к востоку от Брайтона, в тот момент, когда солнечный диск показался над поверхностью океана, увидел скалу, на которой он стоял, ветряную мельницу, свою собственную фигуру и фигуру друга, изображенные прямо напротив него на море. Это явление продолжалось около десяти минут, пока солнце не поднялось почти на свой диаметр над поверхностью волн. Затем все это, казалось, поднялось в воздух и постепенно исчезло. Лучи солнца падали на утес под углом 73° от перпендикуляра, и море было покрыто густым туманом высотой во много ярдов, который постепенно рассеивался перед восходом солнца. Когда происходит необычайное преломление в поперечном направлении, слои переменной плотности располагаются перпендикулярно горизонту, и в сочетании с вертикальной рефракцией объекты увеличиваются, как при наблюдении в телескоп. По этой причине 26 июля 1798 года утесы Франции, расположенные в пятидесяти милях от Гастингса, были видны так отчетливо, как будто до них было рукой подать; и даже Дьепп, как говорили, был виден днем.

Слой воздуха у горизонта настолько толще и плотнее, чем слой по вертикали, что солнечный свет, проходя через него, уменьшается в 1300 раз, что позволяет нам смотреть на него при заходе солнца, не будучи ослепленными. Потеря света и, следовательно, тепла из-за поглощающей способности атмосферы увеличивается с увеличением угла падения. Из десяти тысяч лучей, падающих на ее поверхность, 8123 достигают данной точки земли, если они падают перпендикулярно; 7024 достигают, если угол направления равен пятидесяти градусам; 2831, если он равен семи градусам; и только пять лучей пройдут через горизонтальный слой. Поскольку при прохождении через атмосферу теряется такое большое количество света, многие небесные объекты совершенно невидимы с равнины, которую можно увидеть с возвышенности. Уменьшенное величие и ложная оценка расстояния, которую мы делаем исходя из количества промежуточных объектов, приводят нас к предположению, что солнце и луна на горизонте намного больше, чем на любой другой высоте, хотя их видимые диаметры тогда несколько меньше. Вместо внезапных переходов света и темноты отражающая сила воздуха украшает природу розовыми и золотистыми оттенками Северного сияния и сумерек. Даже когда солнце находится на восемнадцать градусов ниже горизонта, остается достаточная доля света, чтобы показать, что на высоте тридцати миль оно все еще достаточно плотное, чтобы отражать свет. Атмосфера рассеивает солнечные лучи и придает всем прекрасным оттенкам и жизнерадостности дня. Он излучает голубой свет в наибольшем изобилии; чем

выше мы поднимаемся, тем небо приобретает более глубокий оттенок; но на просторах космоса солнце и звезды должны казаться блестящими пятнышками в глубокой черноте.

РАЗДЕЛ XIX.

Строение света по сэру Исааку Ньютону—Поглощение света—Цвета тел—Строение света по сэру Дэвиду Брюстеру—Новые цвета—Темные линии Фраунгофера—Дисперсия света—Ахроматический телескоп—Однородный свет—Случайные и дополнительные цвета—М. Эксперименты Плато и теория случайных цветов.

Таким образом, невозможно проследить путь солнечного луча через нашу атмосферу, не испытывая желания узнать его природу, с какой силой он пересекает необъятное пространство и различные изменения, которым он подвергается на поверхности и внутри земных субстанций.

Сэр Исаак Ньютон доказал сложную природу белого света, излучаемого солнцем, пропустив солнечный луч через стеклянную призму (N. 195), которая, разделяя лучи путем преломления, сформировала спектр или продолговатое изображение солнца, состоящее из семи цветов: красного, оранжевого, желтого, зеленого, синего, индиго и фиолетового, из которых красный преломляется меньше всего, а фиолетовый - больше всего. Но когда он соединил эти семь лучей с помощью линзы, составной луч стал таким же чистым белым, как и раньше. Он изолировал каждый цветной луч и, обнаружив, что он больше не способен разлагаться при преломлении, пришел к выводу, что белый свет состоит из семи видов однородного света и что одному и тому же цвету всегда присуща одинаковая преломляемость, а одному и тому же преломляемому - один и тот же цвет. Однако с момента открытия поглощающих сред выяснилось, что солнечный спектр устроен не так.

Мы не знаем ни одного вещества, которое было бы абсолютно непрозрачным или абсолютно прозрачным. Даже золото может быть отбито настолько тонко, чтобы пропускать свет. Напротив, самый чистый кристалл, самый чистый воздух или вода останавливают или поглощают его лучи при прохождении и постепенно гасят их по мере того, как они проникают на большую глубину. По этой причине объекты не могут быть видны на дне очень глубоких вод, и невооруженным глазом с вершин гор видно гораздо больше звезд, чем из долин. Количество света, падающего на любое прозрачное вещество, всегда больше суммы отраженных и преломленных лучей. Небольшое количество неравномерно отражается во всех направлениях из-за несовершенства полировки, благодаря которой мы можем видеть поверхность; но гораздо большая часть поглощается телом. Тела, отражающие все лучи, кажутся белыми, те, которые поглощают их все, кажутся черными; но большинство веществ после разложения падающего на них белого света отражают одни цвета и поглощают остальные. Фиолетовый отражает только фиолетовые лучи и поглощает остальные. Алая ткань поглощает почти все цвета, кроме красного. Желтая ткань отражает желтые лучи наиболее интенсивно, а синяя ткань - те, которые являются синими. Следовательно, цвет не является свойством материи, а возникает в результате воздействия материи на свет. На самом деле, закон действия и противодействия действует в свете, как и в любой другой области природы, так что свет не

может быть отражен, преломлен, а тем более поглощен какой-либо средой, не подвергаясь ее воздействию. Таким образом, белая лента отражает все лучи, но при окрашивании в красный цвет частицы шелка приобретают свойство наиболее интенсивно отражать красные лучи и поглощать остальные. От этого свойства неравномерного поглощения зависят цвета прозрачных сред, поскольку они также получают свой цвет от своей способности останавливать или поглощать некоторые цвета белого света и пропускать другие. Как, например, черные и красные чернила, хотя и одинаково однородны, поглощают различные виды лучей; и при воздействии солнца они нагреваются в разной степени; в то время как чистая вода, по-видимому, пропускает все лучи одинаково и не нагревается ощутимо проходящим солнечным светом. Насыщенный темный свет, пропускаемый смальтово-голубым пальчиковым стеклом, не является однородным цветом, подобным синему или индиго спектра, а представляет собой смесь всех цветов белого света, которые стекло не поглотило. Поглощаемые цвета таковы, что при смешивании с синим оттенком образуется белый свет. Когда спектр из семи цветов просматривается через тонкую пластинку этого стекла, они все видны; и когда пластинка очень толстая, каждый цвет поглощается между крайним красным и крайним фиолетовым, промежуток между ними совершенно черный; но если рассматривать спектр через стекло определенной толщины, промежуточное между этими двумя, будет обнаружено, что середина красного пространства, весь оранжевый, большая часть зеленого, значительная часть синего, немного индиго и очень немного фиолетового исчезают, будучи поглощенными синим стеклом; и что желтые лучи занимают большее пространство, покрывая часть того, что ранее занимали оранжевый с одной стороны и зеленый с другой: так что синее стекло поглощает красный свет, который при смешивании с желтым образует оранжевый; а также поглощает синий свет, который при смешивании с желтым образует часть зеленого пространства рядом с желтым. Следовательно, при поглощении зеленый свет разлагается на желтый и синий, а оранжевый свет - на желтый и красный: следовательно, оранжевый и зеленый лучи, хотя и не поддаются разложению при преломлении, могут быть разложены при поглощении и фактически состоят из двух разных цветов, обладающих одинаковой степенью преломляемости. Следовательно, различие в цвете не является критерием различия в преломляемости, и вывод, сделанный Ньютоном, больше не является приемлемым в качестве общей истины. Анализируя спектр не только с помощью синего стекла, но и с помощью различных цветных материалов, сэр Дэвид Брюстер, столь справедливо прославленный своими оптическими открытиями, придерживается мнения, что солнечный спектр состоит из трех основных цветов: красного, желтого и синего, каждый из которых присутствует на всем своем протяжении, но с разной степенью интенсивности в разных частях; и что наложение этих трех дает все семь оттенков в зависимости от того, является ли избыток или недостаток каждого основного цвета. Что, поскольку определенная часть красных, желтых и синих лучей составляет белый свет, цвет любой точки спектра может рассматриваться как состоящий из преобладающего в этой точке цвета, смешанного с белым светом. Следовательно, “при поглощении избытка любого цвета в любой точке спектра сверх того, что необходимо для образования белого света, в этой точке будет виден такой белый свет, какого никогда не видел глаз смертного до этого эксперимента, поскольку он обладает замечательным свойством оставаться неизменным после любого числа преломлений и способен разлагаться только за счет поглощения”. Этот анализ света был поставлен под сомнение профессором Чаллисом из Кембриджа, который не допускает какого-либо разрешения при поглощении сред, отличных от поглощения призмой, хотя он признает, что смесь синего и желтого солнечного света дает зеленый цвет. Профессор Стоукс, напротив, не допускает, что смесь синего и желтого солнечного света дает зеленый цвет, хотя эта смесь

дает зеленый цвет, когда свет исходит от других источников, поскольку он обнаружил, что градация солнечного света переходит от желтого к разбавленному желтому, белому, разбавленному синему к синему; поэтому он не признает анализ спектра сэром Дэвидом Брюстером; однако, по-видимому, все еще существуют сомнения относительно реального характера явлений, вызванных определенными поглощающими веществами.

В дополнение к семи цветам ньютоновского спектра сэр Джон Гершель обнаружил набор очень темно-красных лучей за красной границей спектра, которые можно увидеть только тогда, когда глаз защищен от яркого света других цветов темно-синим кобальтовым стеклом. Он также обнаружил, что за крайним фиолетовым светом видны лучи лавандово-серого цвета, которые можно увидеть, отразив спектр на листе бумаги, смоченном карбонатом соды. Сила освещения различных лучей спектра зависит от цвета. Наиболее интенсивный свет приходится на средний желтый луч, или, согласно М. Фраунгофер, на границе оранжевого и желтого.

Когда призма очень совершенная, а солнечный луч небольшой, так что спектр может быть получен на листе белой бумаги в его предельной чистоте, он представляет собой полосу, заштрихованную всеми цветами призмы, имеющую по ширине неравномерные полосы или разделенную неопределенным количеством темных, а иногда и черных линий. Большее количество этих безлучевых линий настолько чрезвычайно узки, что их невозможно увидеть в обычных обстоятельствах. Наилучший метод - получить спектр на объективном стекле телескопа, чтобы увеличить его настолько, чтобы сделать видимым. Этот эксперимент также можно провести, но несовершенным способом, рассматривая узкую щель между двумя почти закрытыми ставнями окна через очень превосходную стеклянную призму, поднесенную близко к глазу так, чтобы угол преломления был параллелен линии света. Линии без лучей в красной части спектра становятся наиболее заметными по мере приближения солнца к горизонту, в то время как линии в синей оконечности наиболее заметны в середине дня. Когда спектр формируется солнечными лучами, прямыми или непрямыми — как от неба, облаков, радуги, луны или планет, — черные полосы всегда находятся в одних и тех же частях спектра и при любых обстоятельствах сохраняют одно и то же относительное положение. Подобные темные линии также видны в свете звезд, в электрическом освещении и в пламени горючих веществ, хотя и расположены по-разному, каждая звезда и каждое пламя имеют систему характерных для себя темных линий. Д-р Волластон и М. Фраунгофер из Мюнхена обнаружили эти линии, лишенные лучей, независимо друг от друга. М. Фраунгофер обнаружил, что их число достигает почти шестисот, но они гораздо многочисленнее. В солнечном спектре есть яркие линии, которые также сохраняют фиксированное положение. Среди темных линий М. Фраунгофер выбрал семь наиболее примечательных и определил их расстояния настолько точно, что теперь они образуют стандартные и неизменные точки отсчета для измерения преломляющей способности различных сред в лучах света, что делает этот раздел оптики таким же точным, как любая из физических наук. Эти линии обозначаются буквами алфавита, начинающимися с В, которая находится в красном диапазоне ближе к концу спектра; С находится дальше в красном диапазоне; D находится в оранжевом; Е в зеленом; F в синем; G в индиго; и H в фиолетовом. С помощью этих неподвижных точек М. Фраунгофер установил с помощью призматического наблюдения преломляемость семи основных лучей в каждом из десяти различных веществ, твердых и жидких. Преломление увеличилось во всем диапазоне от красного до фиолетового конца спектра. Предполагалось, что лучи, отсутствующие в солнечном спектре, которые вызывают темные линии, поглощаются атмосферой Солнца. Но кольцевое затмение, произошедшее 15 мая 1836 года, дало профессору Форбсу возможность доказать, что

рассматриваемые темные линии не могут быть отнесены к поглощению солнечной атмосферой; они не были ни шире, ни многочисленнее в спектре, сформированном во время этого явления, чем в любое другое время, хотя лучи исходили только от окружности солнечного диска и, следовательно, должны были проходить большую глубину его атмосферы.

Сэр Дэвид Брюстер обнаружил, что при определенных состояниях атмосферы темные линии становятся намного шире, а некоторые из них глубоко черными; и он заметил также, что в то время, когда солнце садилось в завесу красного света, часть светового спектра поглощалась, из чего он заключил, что атмосфера Земли поглотила лучи света, которые занимали темные полосы. С помощью прямых экспериментов было также замечено, что атмосфера сильно воздействует на линии без лучей.

Когда линза используется вместе с призмой, видны продольные темные линии разной ширины, пересекающие уже описанные полосы под прямым углом; М. Рагона-Скина и М. Бабине считают, что это линии интерференции, которые существуют в свете, прошедшем через выпуклую линзу.

Линии различны как по виду, так и по количеству в спектрах газов и пламени. В сильно увеличенном спектре света, прошедшего через газообразную азотистую кислоту, сэр Дэвид Брюстер насчитал 2000 темных полос. В спектре лампы и вообще всего белого пламени не обнаружено ни одной дефектной линии; таким образом, все такие языки пламени содержат лучи, которых нет в свете солнца или звезд. Ярко-красные линии появляются в спектре, образующемся при сгорании селитры на древесном угле; и во всех искусственных огнях существуют темные и яркие полосы, иногда соответствующие по положению полосам в солнечном спектре, а иногда нет.

Солнечный луч, попавший на экран после прохождения через маленькое круглое отверстие в оконной ставне, выглядит как круглое белое пятно; но когда вставляется призма, луч уже не занимает прежнего пространства. Оно разделено на призматические цвета и распределено по линии значительной длины, в то время как его ширина остается такой же, как у белого пятна. Процесс распространения или разделения называется рассеиванием окрашенных лучей. Рассеивание всегда происходит в плоскости преломления и увеличивается по мере увеличения угла падения. Она изменяется обратно пропорционально длине световой волны и прямо пропорционально ее скорости: следовательно, ближе к синему концу спектра, где колебания лучей наименьшие, дисперсия наибольшая. Вещества обладают очень разной дисперсионной способностью; иными словами, спектры, образованные двумя равными призмами из разных веществ, при совершенно одинаковых обстоятельствах имеют разную длину. Таким образом, если призму из кремневого стекла и призму из корончатого стекла с равными углами преломления поднести к двум лучам белого света под равными углами, то окажется, что пространство, на которое цветные лучи рассеиваются кремневым стеклом, намного больше пространства, занимаемого тем, которое создается корончатым стеклом: и поскольку величина рассеивания зависит от угла преломления призмы, углы двух призм могут быть сделаны такими, что, когда призмы расположены близко друг к другу с противоположно повернутыми краями, они будут точно противодействовать действию друг друга и не будут рассеиваться. преломляйте цветные лучи одинаково, но в противоположных направлениях, так что будет произведена точная компенсация, и свет будет преломляться без цвета (N. 195). Ахроматический телескоп построен по этому принципу. Он состоит из трубки с предметным стеклом или линзой на одном

конце, чтобы сфокусировать лучи и сформировать изображение удаленного объекта, и увеличительного стекла на другом конце для просмотра сформированного таким образом изображения. Теперь обнаружено, что предметное стекло, вместо того чтобы заставляя лучи сходиться в одной точке, рассеивает их и дает нечеткое и цветное изображение: но при построении его из двух контактных линз, одной из кремня, а другой из корончатого стекла определенных форм и пропорций, рассеиванию противодействуют, и формируется совершенно четкое и бесцветное изображение объекта (N. 196). Считалось, что невозможно добиться преломления света без цвета, пока мистер Холл, джентльмен из Вустершира, не сконструировал телескоп на этом принципе в 1733 году; а двадцать пять лет спустя ахроматический телескоп был доведен до совершенства мистером Доллоном, знаменитым лондонским оптиком.

С помощью определения г-ном Фраунгофером преломления основных лучей в веществах можно определить их рассеивающую способность (N. 197).

Совершенно однородный цвет встречается очень редко; но оттенки всех веществ наиболее ярки, если рассматривать их в свете их собственного цвета. Красный цвет вафли гораздо ярче при красном освещении, чем при белом; тогда как, если поместить ее в однородный желтый свет, она больше не может казаться красной, потому что в желтом свете нет ни лучика красного. Если бы пластина, как и все другие тела, окрашенные или нет, не отражала своей внешней поверхностью белый свет, она казалась бы абсолютно черной при освещении желтым светом.

После непродолжительного пристального взгляда на цветной объект, такой как красная вафля, при переводе глаз на белое вещество появляется зеленое изображение вафли, которое называется случайным красным цветом. Все оттенки имеют свои случайные цвета: так, случайный цвет оранжевого - синий; желтого - индиго; зеленого - красновато-белый; синего - оранжево-красный; фиолетового - желтый; белого - черный; и *наоборот*. Когда прямой и случайный цвета имеют одинаковую интенсивность, случайный цвет тогда называется дополнительным цветом, потому что считается, что любые два цвета дополняют друг друга и при сочетании дают белый цвет.

Из экспериментов М. Плато из Брюсселя явствует, что два взаимодополняющих цвета по прямому впечатлению, которые при сочетании давали бы белый цвет, при случайном соединении дают черный или гасят друг друга; а также что сочетание всех оттенков солнечного спектра дает белый свет, если они возникают в результате прямого воздействия на глаз, тогда как чернота возникает в результате соединения одних и тех же оттенков, если они случайны; и в каждом случае, когда настоящие цвета при их сочетании дают белый, случайные цвета тех же оттенков дают черный. Когда изображение объекта запечатлевается на сетчатке всего на несколько мгновений, оставшееся изображение имеет точно такой же цвет, что и объект, но за чрезвычайно короткое время изображение сменяется случайным изображением. М. Плато объясняет это явление реакцией сетчатки после возбуждения прямым зрением, так что случайное впечатление имеет природу, противоположную соответствующему прямому впечатлению. Он полагает, что когда глаз возбуждается от фиксации на какое-то время на цветном объекте, а затем выводится из возбуждения, он пытается вернуться в состояние покоя; но при этом он проходит эту точку и спонтанно принимает противоположное состояние, подобно пружине, которая, согнутая в одном направлении, при возвращении в состояние покоя изгибается в противоположную сторону. Случайный образ, таким образом, является

результатом особой модификации органа зрения, в силу которой он спонтанно вызывает у нас новое ощущение после того, как оно было возбуждено непосредственным зрением. Если преобладающим впечатлением является очень сильный белый свет, его случайным изображением является не черный, а чередующиеся различные цвета. Согласно М. Кроме того, сетчатка оказывает сопротивление действию света, которое увеличивается с увеличением продолжительности этого воздействия; поэтому после длительного пристального разглядывания объекта кажется, что его яркость уменьшается. Воображение оказывает мощное влияние на наши оптические впечатления и, как известно, оживляет образы ярко светящихся объектов спустя месяцы и даже годы.

РАЗДЕЛ XX.

Интерференция света—Волновая теория света—Распространение света—Кольца Ньютона—Измерение длины световых волн и частоты колебаний эфира для каждого цвета—Цветовая шкала Ньютона—Дифракция света—Теория поглощения света сэра Джона Гершеля—Преломление и отражение света.

Ньютон и большинство его непосредственных преемников представляли свет как материальную субстанцию, испускаемую всеми самосветящимися телами в виде мельчайших частиц, движущихся по прямым линиям с огромной скоростью, которые, воздействуя на зрительные нервы, вызывают ощущение света. Многие наблюдаемые явления были объяснены этой теорией; однако она совершенно неадекватна для учета следующих обстоятельств.

Когда два равных луча красного света, исходящих из двух светящихся точек, падают на лист белой бумаги в темной комнате, они создают на нем красное пятно, которое будет вдвое ярче, чем любой луч по отдельности, при условии, что разница в длинах двух лучей от светящихся точек до красного пятна на бумаге составляет ровно 0.0000258-ю долю дюйма. Тот же эффект будет иметь место, если разница в длинах составит вдвое, втрое, вчетверо больше и т.д. этой величины. Но если разница в длинах двух лучей равна половине 0.0000258-й части дюйма или ее части $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$ и т.д., то один свет полностью погасит другой и создаст абсолютную темноту на бумаге, куда падают соединенные лучи. Если разница в длинах их траекторий будет равна $1\frac{1}{4}$, $2\frac{1}{4}$, $3\frac{1}{4}$ и т.д., равным 0.0000258-й доле дюйма, красное пятно, возникающее от объединенных лучей, будет иметь ту же интенсивность, которую создавал бы один луч. Если используется фиолетовый свет, разница в длинах двух лучей должна быть равна 0.0000157-й части дюйма, чтобы вызвать те же явления; а для других цветов разница должна быть промежуточной между 0.0000258-й и 0.0000157-й частью дюйма. Подобные явления можно наблюдать, рассматривая пламя свечи через две очень тонкие щели в карточке, расположенные очень близко друг к другу ([N. 198](#)); или впуская солнечный свет в темную комнату через отверстие диаметром около сороковой доли дюйма, получая изображение на листе белой бумаги и держа тонкую проволоку на свету. Будет обнаружено, что его тень состоит из ярко-белой полосы посередине с рядом чередующихся черных и ярких полос с каждой стороны. Лучи, которые двумя потоками огибают проволоку, имеют одинаковую длину в

средней полосе; следовательно, от их совместного воздействия она становится вдвойне яркой; но лучи, падающие на бумагу с каждой стороны яркой полосы, имеют такую неодинаковую длину, что уничтожают друг друга, образуя черные линии. По обе стороны от этих черных линий лучи снова имеют такую длину, что, соединяясь, образуют яркие полосы, и так поочередно, пока свет не станет слишком слабым, чтобы его можно было разглядеть. Когда используется любой однородный свет, например красный, чередуются только черный и красный цвета; но из-за неоднородной природы белого света черные линии чередуются с яркими полосами или каймами призматических цветов, возникающими в результате наложения систем чередующихся черных линий и линий каждого однородного цвета. То, что чередование черных линий и цветных полос действительно возникает в результате смешения двух потоков света, обтекающих проволоку, доказывається тем, что они исчезают в тот момент, когда один из потоков прерывается. Следовательно, можно заключить, что поскольку эти полосы света и тьмы встречаются так часто, то они возникают из-за того, что лучи объединяются через определенные промежутки времени для создания совместного эффекта, а в другие - для гашения друг друга. Итак, всем нашим представлениям о материи противоречит предположение, что две ее частицы должны уничтожать друг друга при любых обстоятельствах; в то время как, напротив, два противоположных движения могут; и невозможно не быть пораженным совершенным сходством между взаимодействием небольших колебаний воздуха или воды и предшествующими явлениями. Аналогия действительно настолько совершенна, что философы высочайшего авторитета сходятся во мнении, что небесные области заполнены чрезвычайно редкой и высокоэластичной средой, или эфиром, частицы которого способны воспринимать вибрации, сообщаемые им самосветящимися телами, и передавать их зрительным нервам, чтобы вызывать ощущение света. Ускорение среднего движения кометы Энке, а также кометы, открытой М. Билой, делает существование такой среды несомненным. Ясно, что в этой гипотезе чередующиеся полосы света и тьмы полностью являются результатом интерференции колебаний; ибо, согласно фактическим измерениям, длина волны средних красных лучей солнечного спектра равна 0,0000258-й части дюйма; следовательно, когда высоты волн объединяются, они производят вдвое большую интенсивность света, чем каждая из них по отдельности; и когда половина волны объединяется с целым, то есть когда впадина одной волны заполняется высотой другой, результатом является темнота. В промежуточных точках между этими крайними значениями интенсивность света соответствует промежуточным различиям в длинах лучей.

Теория интерференций является частным случаем общего механического закона суперпозиции малых движений; отсюда следует, что возмущение частицы упругой среды, вызванное двумя сосуществующими волнами, является суммой возмущений, которые вызывала бы каждая волнистость в отдельности; следовательно, частица будет двигаться по диагонали параллелограмма, сторонами которого являются две волнистости. Следовательно, если два колебания совпадают в направлении или почти совпадают, результирующее движение будет почти равно их сумме и в том же направлении; если они почти противоположны друг другу, результирующее движение будет почти равно их разности; и, если колебания равны и противоположны, результирующая будет равна нулю, и частица останется в покое.

Предшествующие эксперименты и выводы, сделанные на их основе, которые привели к установлению учения о волнообразности света, являются самыми великолепными памятниками нашему прославленному соотечественнику доктору Томасу Янгу, хотя Гюйгенс был первым, кто выдвинул эту идею.

Предполагается, что частицы светящихся тел находятся в состоянии постоянного возбуждения и что они обладают свойством возбуждать регулярные колебания в молекулах эфирной среды, соответствующие колебаниям их собственных молекул; и что благодаря своей упругой природе одна частица эфира, будучи приведена в движение, передает свои колебания соседним, которые последовательно передают их более удаленным; так что первоначальный импульс передается от частицы к частице, и волнообразное движение проносится сквозь эфир подобно волне в воде; так что свет есть движение и, следовательно, подчиняется законам динамики. и математический анализ. Хотя из опыта известно, что поступательное движение света является равномерным и прямолинейным, колебания частиц всегда происходят под прямым углом к направлению луча. Распространение света подобно распространению волн в воде; но если рассматривать только один луч, то его движение можно представить, предположив веревку неопределенной длины, натянутую горизонтально, один конец которой держат в руке. Если его раскачивать взад и вперед через равные промежутки времени с движением, перпендикулярным его длине, вдоль него будет распространяться серия подобных и равных толчков или волн; и если регулярные импульсы будут подаваться в различных плоскостях, таких как вверх и вниз, справа налево, а также в наклонных направлениях, последовательные колебания будут иметь место во всех возможных плоскостях. Аналогичное движение в эфире, передаваемое зрительным нервам, вызвало бы ощущение обычного света. Очевидно, что волны, которые проходят от конца к концу шнура в виде змеи, совершенно отличаются от перпендикулярного колебательного движения каждой частицы веревки, которая никогда не отклоняется далеко от состояния покоя. Итак, в эфире каждая частица вибрирует перпендикулярно направлению луча; но эти вибрации полностью отличаются от колебаний, которые передаются через него, и независимы от них, точно так же, как вибрации каждого отдельного початка кукурузы независимы от волн, которые несутся из конца в конец уборочного поля, когда их колышет ветер.

Интенсивность света зависит от амплитуды или протяженности колебаний частиц эфира, в то время как его цвет зависит от их частоты. Теоретически, время колебания частицы эфира прямо пропорционально длине волны и обратно пропорционально ее скорости. Теперь, поскольку известно, что скорость света составляет 190 000 миль в секунду, если бы можно было измерить длины волн лучей разного цвета, то можно было бы вычислить количество колебаний в секунду, соответствующих каждому из них. Это было достигнуто следующим образом: —Все прозрачные вещества определенной толщины с параллельными поверхностями отражают и пропускают белый свет; но если они чрезвычайно тонкие, то и отраженный, и проходящий свет окрашиваются. Яркие оттенки мыльных пузырей, радужные краски, образующиеся при нагревании на полированной стали и меди, цветные полосы между пластинами исландского шпата и сульфата извести, все это состоит из последовательности оттенков, расположенных в одном и том же порядке, совершенно независимых от цвета вещества и определяемых исключительно его большей или меньшей толщиной — обстоятельство, которое дает возможность установить длину волн каждого цветного луча и частоту колебаний частиц, их производящих. Если перед открытым окном положить стеклянную пластину на линзу почти незаметной кривизны, то при их прижатии друг к другу в точке соприкосновения будет видно черное пятно, окруженное семью кольцами ярких цветов, все отличающиеся друг от друга (N. 199). В первом круге, оцениваемом по черному пятну, цвета сменяют друг друга в следующем порядке: черный, очень бледно-голубой, ярко-белый, желтый, оранжевый и красный. Они совсем другие в других кольцах, а в седьмом единственные цвета - бледно-голубовато-зеленый

и очень бледно-розовый. То, что эти кольца образованы между двумя поверхностями, находящимися в видимом контакте, может быть доказано наложением призмы на линзу вместо стеклянной пластины и рассматриванием колец через наклонную сторону линзы, которая находится рядом с глазом, такое расположение предотвращает смешивание света, отраженного от верхней поверхности, со светом, отраженным от соприкасающихся поверхностей, так что промежутки между кольцами кажутся совершенно черными — одно из сильнейших обстоятельств в пользу волновой теории; ибо, хотя феномен колец может быть объяснен любой гипотезой, существует то существенное различие, что, согласно волновой теории, промежутки между кольцами должны быть абсолютно черными. быть абсолютно черными, что подтверждается экспериментом; тогда как, согласно доктрине эманации, они должны быть наполовину освещены, чего, как установлено, нет. М. Френель, чье мнение является авторитетным, счел этот тест убедительным. Следовательно, можно сделать вывод, что кольца возникают исключительно в результате интерференции лучей: свет, отраженный от каждой из поверхностей, находящихся в видимом контакте, достигает глаза по траекториям разной длины и создает цветные и темные кольца попеременно, в зависимости от того, совпадают или уничтожают друг друга отраженные волны. Ширина колец неодинакова; они уменьшаются в ширину, а цвета становятся более насыщенными по мере удаления от центра. Цветные кольца также образуются при пропускании света через тот же аппарат; но цвета менее яркие и дополняют отраженные, следовательно, центральное пятно белое.

Размер колец увеличивается с увеличением наклона падающего света, и для получения того же цвета требуется большая толщина или расстояние между стеклами, чем когда свет падает на них перпендикулярно. Теперь, если устройство поместить в однородный, а не белый свет, все кольца будут того же цвета, что и используемый свет, то есть, если свет будет красным, кольца будут красными, разделенными черными промежутками. Размер колец зависит от цвета освещения. Они самые крупные в красном цвете и уменьшаются в величине с последующими призматическими цветами, будучи наименьшими в фиолетовом свете.

Поскольку одно из стекол плоское, а другое сферическое, очевидно, что с точки соприкосновения пространство между ними постепенно увеличивается в толщину по всей окружности, так что каждому цвету соответствует определенная толщина воздуха, которая в волновой системе измеряет длину производящей его волны (N. 200). Путем фактического измерения сэр Исаак Ньютон обнаружил, что квадраты диаметров самой яркой части каждого кольца равны нечетным числам, 1, 3, 5, 7, & c.; и что квадраты диаметров самых темных частей равны четным числам, 0, 2, 4, 6, & c. Следовательно, интервалы между стеклами в этих точках находятся в одинаковой пропорции. Таким образом, если бы можно было найти толщину воздуха, соответствующую какому-либо одному цвету, то была бы известна его толщина для всех остальных. Теперь, поскольку сэр Исаак Ньютон знал радиус кривизны линзы и фактическую ширину колец в долях дюйма, было легко вычислить, что толщина воздуха в самой темной части первого кольца равна $\frac{1}{89000}$ дюйма, откуда были выведены все остальные. Поскольку эти интервалы определяют длину волн по волновой гипотезе, оказывается, что длина волны крайнего красного цвета солнечного спектра равна 0.0000266-й части дюйма; что длина волны крайнего фиолетового цвета равна 0.0000167-й части дюйма; и, поскольку время вибрации частицы эфира, производящей какой-либо конкретный цвет, прямо равно длине волны этого цвета и обратно пропорционально скорости света, из этого следует, что молекулы эфира, производящие крайний красный цвет солнечного спектра, имеют меньшую длину. спектр совершает 458 миллионов колебаний в секунду; и что те, которые излучают

экстремально фиолетовый цвет, совершают 727 миллионов миллионов колебаний за то же время. Длины волн промежуточных цветов и количество их вибраций, являясь промежуточными между этими двумя, белый свет, который состоит из всех цветов, следовательно, представляет собой смесь волн всех длин между границами крайнего красного и фиолетового. Определение этих мельчайших отрезков времени и пространства, которые имеют реальное существование, являясь действительными результатами измерений, делает честь гению Ньютона не меньше, чем закону всемирного тяготения.

Известно, что число распространяющихся волн света в дюйме составляет от 37 600 до 59 880, а число поперечных колебаний составляет от 458 до 727 миллиардов в секунду, но *протяженность* этих поперечных колебаний частиц эфирной среды неизвестна, хотя как их протяженность, так и скорость, вероятно, очень малы по сравнению с длиной распространяющихся волн и скоростью распространения. Цвет отождествляется с количеством вибраций; но имеют ли отражение, преломление, поглощение и т.д. какое-либо отношение к боковым вибрациям, или же они частично зависят от какого-то неизвестного и неожиданного физического воздействия эфирной среды, пока еще не определено. Чтобы выяснить эти обстоятельства, доктор Фарадей провел серию самых изысканных экспериментов по изучению связи мельчайших частиц металлов с колебаниями света.

Золото сильно воздействует на свет и обладает настоящей прозрачностью, пропуская зеленые лучи, когда оно очень тонкое; и, поскольку оно способно сильно расщепляться растворителями, не теряя своего металлического характера, его частицы пропускают лучи различных цветов в зависимости от их размера; частицы, которые передают розовый цвет богемскому стеклу, невообразимо мельчают. Поступательные волны эфира настолько велики по сравнению с размерами молекул, до которых может быть сведено золото, что доктору Фарадею показалось вероятным, что когда последние были помещены в солнечный луч, можно было бы обнаружить некую эффективную связь между ними и меньшими колебаниями эфирной среды; в этом случае, если отражение, преломление и т. д. зависят от таких соотношений, были основания ожидать, что эти функции ощутимо изменятся при замене друг друга частицами золота разного размера. Одно время доктор Фарадей надеялся, что ему удалось превратить один цвет в другой с помощью золота, что было бы эквивалентно изменению числа вибраций; но хотя он еще не подтвердил этот результат, его исследования представляют величайший интерес.^[9]

Явление цветных колец происходит *как в вакууме*, так и в воздухе, что доказывает, что цвета возникают только на расстоянии между линзами, а не в воздухе. Однако, если между ними поместить воду или масло, кольца сжимаются, но никаких других изменений не происходит; и Ньютон обнаружил, что толщина различных сред, при которых виден данный оттенок, находится в обратном отношении к их показателям преломления, так что толщину слоев, которую невозможно измерить иным способом, можно определить по их цвету; и, поскольку положение цветов в кольцах неизменно, они образуют фиксированный стандарт сравнения, хорошо известный как цветовая шкала Ньютона; каждый оттенок оценивается в соответствии с кольцом, к которому он принадлежит, начиная с центрального пятна включительно. Не только периодические цвета, которые были описаны, но и цвета, наблюдаемые в толстых пластинках прозрачных веществ, различные оттенки перьев, крыльев насекомых, перламутра и полосчатого вещества - все зависит от того же принципа. К ним можно добавить цветные полосы, окружающие тени всех тел, попадающих в чрезвычайно маленький луч света, и цветные кольца, окружающие сам маленький луч при попадании на экран.

Когда очень тонкий солнечный луч, проходящий через крошечное отверстие в темную комнату, попадает на белый экран или пластинку из матового стекла на расстоянии чуть более шести футов, пятно света на экране больше, чем отверстие, и вместо того, чтобы быть ограниченным тенью, оно окружено рядом цветных колец, разделенных неясными промежутками. Кольца более отчетливы пропорционально малости луча (N. 201). При белом освещении образуются семь колец, которые расширяются или сжимаются в зависимости от расстояния экрана от отверстия. По мере уменьшения расстояния до экрана белое центральное пятно сжимается в точку и исчезает; и, приближаясь еще ближе, кольца постепенно смыкаются вокруг него, так что центр последовательно приобретает наиболее интенсивные и яркие оттенки. Когда свет однороден — например, красный, — кольца попеременно бывают красными и черными и более многочисленными; а их ширина варьируется в зависимости от цвета: они самые широкие при красном освещении и самые узкие при фиолетовом. Оттенки цветных полос белого света и их исчезновение после седьмого кольца возникают в результате наложения различных наборов полос всех цветных лучей. Тени объектов также окаймлены цветной бахромой, когда они находятся в этом тонком луче света. Если, например, провести по нему лезвием ножа или волосом, лучи, вместо того чтобы проходить по прямым линиям мимо его края, изгибаются, когда находятся совсем близко к нему, и проходят оттуда к экрану изогнутыми линиями, называемыми гиперболами; так что тень объекта увеличивается и, вместо того чтобы быть сразу ограниченной светом, окружена или окаймлена цветной каймой, чередующейся с черными полосами, которые тем отчетливее, чем меньше отверстие для булавки (N. 202). Окантовка совершенно не зависит от формы или плотности предмета, она одинакова, когда он круглый или заостренный, когда сделан из стекла или платины. Когда лучи, образующие полосы, попадают на экран, они имеют разную длину из-за изогнутого пути, по которому они проходят после прохождения края объекта. Следовательно, волны находятся в разных фазах или состояниях вибрации и либо объединяются, образуя цветные полосы, либо уничтожают друг друга в неясных промежутках. Цветные полосы, окаймляющие тени объектов, были впервые описаны Гримальди в 1665 году; но, помимо них, он заметил, что внутри теней тонких тел, подвергшихся воздействию небольшого солнечного луча, есть и другие - явление, которое, как уже упоминалось, дало доктору Янгу возможность доказать, вне всяких противоречий, что цветные кольца образуются в результате интерференции света.

Можно сделать вывод, что материальные субстанции получают свои цвета от двух различных причин: одни - от закона интерференции, такие как переливающиеся металлы, павлиньи перья и т. Д.; Другие - от неодинакового поглощения лучей белого света, таких как киноварь, ультрамарин, синяя или зеленая ткань, цветы и большее количество окрашенных тел. Считалось, что последние явления чрезвычайно трудно согласовать с волновой теорией света, и возникло много дискуссий о том, что происходит с поглощенными лучами. Но на этот щекотливый вопрос был умело дан ответ сэром Джоном Гершелем в очень глубокой статье о поглощении света цветными средами, и лучше, чем его собственными словами, он не может быть дан. Однако следует исходить из того, что, поскольку все прозрачные тела пронизываются светом, предполагается, что они проницаемы для эфира. Он говорит: "Теперь, что касается только общего факта препятствия и окончательного исчезновения света при его прохождении через грубые среды, если мы сравним корпускулярную и волновую теории, мы обнаружим, что первая апеллирует к нашему невежеству, а вторая к нашим знаниям для объяснения явлений поглощения. Пытаясь объяснить угасание света с точки зрения корпускулярной доктрины, мы должны учитывать, что угасший таким образом свет является материальным телом, которое мы

не должны предполагать уничтоженным. Однако он может быть преобразован; и среди невесомых агентов, тепла, электричества и т. Д., Возможно, нам придется искать свет, который стал таким образом сравнительно застойным. Нагревающая способность солнечных лучей придает *первостепенную* правдоподобность идее преобразования света в тепло путем поглощения. Но когда мы подходим к рассмотрению этого вопроса более внимательно, мы обнаруживаем, что он со всех сторон обременен трудностями. Как получается, например, что самые яркие лучи не являются самыми теплотворными, а что, наоборот, теплотворная энергия сопровождает в своей наибольшей интенсивности лучи, обладающие сравнительно слабой светящей способностью? На эти и другие вопросы подобного характера, возможно, можно было бы найти ответ на более продвинутом уровне наших знаний; но в настоящее время ничего очевидного нет. Следовательно, не без оснований вопрос ‘Что происходит со светом?’, который, по-видимому, волновал фотологов прошлого столетия, рассматривался корпускулярными философами как один из весьма важных, но и малоизвестных. С другой стороны, ответ на этот вопрос, который дает волновая теория света, прост и отчетлив. Вопрос ‘Что происходит со светом?’ сливается с более общим вопросом ‘Что происходит с движением?’ И ответ, исходя из динамических принципов, заключается в том, что это продолжается вечно. Строго говоря, никакое движение не является уничтоженным; но оно может быть разделено, и разделенные части заставлены противостоять друг другу и *фактически* уничтожать друг друга. Пораженное тело, каким бы идеально упругим оно ни было, некоторое время вибрирует, а затем, кажется, погружается в свой первоначальный покой. Но этот кажущийся покой (даже если абстрагироваться от исследования той части движения, которая может быть передана окружающим воздухом) есть не что иное, как состояние разделенного и взаимоуничтожающего движения, при котором каждая молекула продолжает возбуждаться неопределенным множеством внутренних отраженных волн, распространяющихся через нее во всех возможных направлениях, из каждой точки ее поверхности, на которую они последовательно падают. Легко видеть, что наложение таких волн в конце концов приведет к их взаимному уничтожению, которое будет тем более полным, чем более неправильной будет форма тела и чем больше число внутренних отражений”. Таким образом, сэр Джон Гершель, связывая поглощение света с разделением и взаимным уничтожением колебаний эфира внутри тел, подводит другой класс явлений под законы волновой теории.

Согласно гипотезе молекулярных вихрей мистера Рэнкина^[10] поглощение света и лучистого тепла заключается в передаче движения от молекул к их атмосферам, и наоборот, излучение света и лучистого тепла представляет собой передачу движения от атмосфер к молекулам. Большая скорость света и тепла является естественным следствием этой гипотезы, согласно которой вибрирующие массы должны быть чрезвычайно малы по сравнению с действующими на них силами.

Предполагается, что эфирная среда, пронизывающая пространство, проникает во все материальные субстанции, занимая промежутки между их молекулами; но внутри преломляющих сред она существует в состоянии меньшей эластичности по сравнению со своей плотностью *в вакууме*; и чем более преломляющая среда, тем меньше эластичность эфира внутри нее. Следовательно, волны света передаются с меньшей скоростью в таких средах, как стекло и вода, чем во внешнем эфире. Поскольку как только луч света достигает поверхности прозрачного отражающего вещества, например стеклянной пластины, он передает свои колебания эфиру, находящемуся в следующем контакте с поверхностью, которая, таким образом, становится новым центром движения, и из каждой точки этой

поверхности распространяются две полусферические волны; одна из которых проникает внутрь стекла с меньшей скоростью, чем падающие волны; а другая передается обратно в воздух со скоростью, равной той, с которой она пришла (N. 203). Таким образом, преломляясь, свет движется с разной скоростью снаружи и внутри стекла; отражаясь, луч приходит и уходит с той же скоростью. Частицы эфира без стекла, которые сообщают свои движения частицам плотного и менее эластичного эфира внутри него, аналогичны маленьким упругим шарикам, ударяющимся о большие шарики; ибо часть движения будет передана большим шарикам, а маленькие будут отражаться. Первый вызовет преломленную волну, а последний - отраженную. И наоборот, когда свет проходит от стекла к воздуху, действие подобно удару больших шаров о маленькие. Маленькие шарики получают движение, которое вызвало бы преломление луча, а часть движения, удерживаемая большими шариками, вызвала бы отраженную волну; так что, когда свет проходит через стеклянную пластинку или любую другую среду, отличающуюся по плотности от воздуха, происходит отражение на обеих поверхностях; но между двумя отражениями существует разница, заключающаяся в том, что одно вызвано вибрацией в том же направлении, что и падающий луч, а другое - вибрацией в противоположном направлении.

Одна-единственная волна воздуха или эфира не произвела бы ощущения звука или света. Чтобы возбудить зрение, колебания молекул эфира должны быть регулярными, периодическими и очень часто повторяться; и как ухо продолжает возбуждаться в течение короткого времени после импульса, благодаря которому один только звук становится непрерывным, так и волокна сетчатки, согласно г-ну д'Арсе, продолжают вибрировать примерно в течение восьмой доли секунды после прекращения возбуждающей причины. Интервал времени, в течение которого сохраняется впечатление, для синего света больше, чем для красного или белого: он должен быть не менее $0'' \cdot 34$. Каждый, должно быть, замечал, что при сильном впечатлении, производимом ярким светом, объект остается видимым в течение короткого времени после закрытия глаз, что, как предполагается, является следствием продолжающихся колебаний волокон сетчатки. Иногда сетчатка становится нечувствительной к слабо освещенным объектам при постоянном представлении. Если на мгновение отвести глаз в сторону, объект снова становится видимым. Вероятно, именно по этой причине сова совершает столь своеобразные движения головой, рассматривая предметы в сумерках. Вполне возможно, что в эфирной среде могут возбуждаться многие вибрации, неспособные вызвать колебания в волокнах сетчатки человека, которые, тем не менее, оказывают мощное воздействие на волокна других животных или насекомых. Такие люди могут получать светящиеся впечатления, о которых мы совершенно не подозреваем, и в то же время они могут быть нечувствительны к свету и цветам, которые воздействуют на наши глаза, их восприятие начинается там, где кончается наше.

РАЗДЕЛ XXI.

Поляризация света—Определяется поляризацией по преломлению—Свойства турмалина—Двойное преломление—Весь дважды преломляемый свет поляризован—Свойства Исландского шпата—Турмалин поглощает один из двух преломленных лучей—Колебания естественного

света—Колебания поляризованного света-Оптические оси кристаллов-М. Открытия Френеля о лучах, проходящих вдоль оптической оси —Поляризация путем отражения.

Давая общее представление о строении света, невозможно упустить из виду экстраординарное свойство его поляризации, “явления которой, - говорит сэр Джон Гершель, - настолько необычны и разнообразны, что для того, кто изучал только общие разделы физической оптики, это похоже на вступление в новый мир, настолько великолепный, что делает его одной из самых восхитительных областей экспериментальных исследований, и настолько плодотворный во взглядах, которые он открывает на строение природных тел и мельчайший механизм вселенной, что ставит его в самый первый ряд физико-математических наук, который он поддерживает строгим применением геометрических рассуждений, допускаемых и требуемых его природой”.

Говорят, что свет поляризован, и, будучи однажды отраженным или преломленным, он становится неспособным к повторному отражению или преломлению под определенными углами. Как правило, когда луч света отражается от листового стекла или любого другого вещества, он может вторично отразиться от другой поверхности и также будет свободно проходить через прозрачные тела. Но если луч света отражается от листового стекла под углом 57° , он становится полностью неспособным отражаться на поверхности другого листового стекла в определенных положениях, но он будет полностью отражен вторым листовым стеклом в других положениях. Он также теряет свойство проникать сквозь прозрачные тела в определенных положениях, в то время как в других местах он свободно передается ими. Говорят, что свет, измененный настолько, что он не способен отражать и пропускать в определенных направлениях, поляризован.

Свет может быть поляризован отражением от любой полированной поверхности, и тому же свойству также придает преломление. Предлагается объяснить эти методы поляризации света, дать краткий отчет о его наиболее замечательных свойствах и попытаться описать некоторые из великолепных явлений, которые он демонстрирует.

Если коричневый турмалин, который представляет собой минерал, обычно кристаллизующийся в форме длинной призмы, разрезать продольно, то есть параллельно оси призмы, на пластины толщиной около тридцатой доли дюйма и отполировать поверхности, то сквозь них можно будет видеть светящиеся объекты, как сквозь пластины из цветного стекла. Ось каждой пластины в ее продольном сечении параллельна оси призмы, из которой она была вырезана (N. 204). Если одну из этих пластинок держать перпендикулярно между глазом и свечой и медленно поворачивать в своей плоскости, изображение свечи не изменится. Но если пластинку удерживать в фиксированном положении, с вертикальной осью или продольным сечением, когда между ней и глазом помещается вторая пластинка из турмалина, параллельная первой, и медленно поворачивается в своей плоскости, будет обнаружено, что в природе света произошли заметные изменения. Ибо изображение свечи будет исчезать и появляться попеременно при каждой четверти оборота пластины, меняясь по всем степеням яркости вплоть до полного или почти полного исчезновения, а затем снова увеличиваясь на те же степени, на какие оно до этого уменьшалось. Эти изменения зависят от взаимного расположения пластин. Когда продольные сечения двух пластин параллельны, яркость изображения максимальна; а когда оси сечений пересекаются под прямым углом, изображение свечи исчезает. Таким образом, свет, проходя через первую пластинку турмалина, приобрел свойство, совершенно отличное от прямого света свечи. Прямой свет одинаково хорошо

проникал бы через вторую пластину во всех направлениях, тогда как преломленный луч будет проходить через нее только в определенных положениях и совершенно неспособен проникнуть через нее в других. Преломленный луч поляризуется при прохождении через первый турмалин, и опыт показывает, что он никогда не теряет этого свойства, если только на него не воздействует новое вещество. Таким образом, одним из свойств поляризованного света является неспособность проходить через пластинку из турмалина перпендикулярно к ней в определенных положениях и его беспрепятственная передача в других положениях под прямым углом к первому.

Многие другие вещества обладают свойством поляризовывать свет. Если луч света падает на прозрачную среду, которая имеет ту же температуру, плотность и структуру во всех частях, что и жидкости, газы, стекло и т. Д., И несколько минералов правильной кристаллизации, он преломляется в единый пучок света по законам обычного преломления, согласно которым луч, проходя через преломляющую поверхность от объекта к глазу, никогда не покидает плоскости, перпендикулярной этой поверхности. Почти все другие тела, такие как большее количество кристаллизованных минералов, субстанции животного и растительного происхождения, камеди, смолы, желе и все твердые тела, имеющие неодинаковое натяжение из-за неодинаковой температуры или давления, обладают свойством удваивать изображение или внешний вид объекта, видимого через них в определенных направлениях; потому что луч естественного света, падающий на них, преломляется в два карандаша, которые движутся с разной скоростью и более или менее разделены в зависимости от природы тела и направления падающего луча. Всякий раз, когда луч естественного света при прохождении через вещество разделяется таким образом на два пучка, оба проходящих луча поляризуются. Исландский шпат, карбонат извести, который при естественном расщеплении может быть расколот в форме ромбоэдра, обладает в значительной степени свойством двойного лучепреломления, в чем можно убедиться, приклеив лист бумаги с большим отверстием для булавки к наиболее удаленной от глаза стороне лонжерона. Отверстие будет казаться двойным, если поднести его к свету (N. 205). Один из этих карандашей преломляется по тому же закону, что и в стекле или воде, никогда не покидая плоскости, перпендикулярной преломляющей поверхности, и поэтому называется обычным лучом. Но другой действительно покидает плоскость, преломляясь по другому и гораздо более сложному закону, и по этой причине называется необыкновенным лучом. По той же причине один образ называется обычным, а другой - экстраординарным. Когда лонжерон поворачивается в одной плоскости, необычное изображение отверстия вращается вокруг обычного изображения, которое остается неподвижным, причем оба они одинаково яркие. Но если лонжерон удерживать в одном положении и рассматривать через турмалиновую пластинку, то обнаружится, что по мере вращения турмалина изображения меняются по своей относительной яркости — интенсивность одного увеличивается до достижения максимума, в то же время интенсивность другого уменьшается до исчезновения, и так далее поочередно с каждой четвертью оборота, доказывая поляризацию обоих лучей. Ибо в одном положении турмалин пропускает обычный луч и отражает необычный; и после поворота на 90° необычный луч передается, а обычный луч отражается. Таким образом, еще одним свойством поляризованного света является то, что он не может быть разделен на два равных пучка двойным преломлением в положениях дважды преломляющих тел, в которых луч обычного света был бы разделен таким образом.

Если бы турмалин был подобен другим телам с двойным преломлением, каждый из проходящих лучей был бы двойным; но этот минерал определенной толщины после разделения света на два

поляризованных пучка поглощает тот, который подвергается обычному преломлению, и, следовательно, показывает только одно изображение объекта. По этой причине турмалин особенно приспособлен для анализа поляризованного света, который не показывает ничего примечательного, пока не будет рассмотрен через него или что-то эквивалентное.

Пучки света, выходящие из вещества с двойным преломлением, параллельны; и из предыдущих экспериментов ясно, что они поляризованы в плоскостях, расположенных под прямым углом друг к другу (N. 206). Но это будет лучше понято, если рассмотреть изменение, производимое в обычном свете под действием поляризующего тела. Было показано, что колебания эфира, которые производят ощущение обычного света, совершаются во всех возможных плоскостях, под прямым углом к направлению, в котором движется луч. Но дело обстоит совсем иначе после того, как луч прошел через вещество с двойным преломлением, такое как исландский шпат. Затем свет распространяется двумя параллельными пучками, колебания которых все еще действительно поперечны направлению лучей, но они выполняются в плоскостях, расположенных под прямым углом друг к другу, аналогично двум параллельным натянутым шнурам, один из которых совершает свои колебания только в горизонтальной плоскости, а другой - в вертикальной (N. 206). Таким образом, поляризующее действие исландского шпата и всех веществ с двойным преломлением заключается в разделении луча обычного света, волны или неровности которого находятся в каждой плоскости, на два параллельных луча, волны или неровности которых лежат в плоскостях под прямым углом друг к другу. По простому механическому закону каждое колебательное движение первого разлагается на два колебательных движения, расположенных под прямым углом друг к другу. Луч обычного света может быть уподоблен круглому стержню, тогда как два поляризованных луча подобны двум параллельным длинным плоским линейкам, одна из которых проложена горизонтально по его широкой поверхности, а другая горизонтально по его краю. Попеременное пропускание и блокирование турмалином одного из этих уплощенных лучей аналогично легкости, с которой карточка может быть пропущена между прутьями решетки или проволочных каркасов, если они расположены сбоку, и невозможности ее прохождения в поперечном направлении.

Хотя обычно случается, что луч света, проходя через исландский шпат, разделяется на два поляризованных луча, все же существует одно направление, вдоль которого он преломляется только в одном луче, и это в соответствии с обычным законом. Это направление называется оптической осью (N. 207). Многие кристаллы и другие вещества имеют две оптические оси, наклоненные друг к другу, по которым луч света проходит в одном карандаше по закону обычного преломления. Необычный луч иногда преломляется к оптической оси, как в кварце, цирконе, льду и т. Д., Которые поэтому считаются положительными кристаллами; но когда он отклоняется от оптической оси, как в исландском шпате, турмалине, изумруде, берилле и т. Д., Кристаллы становятся отрицательными, что является наиболее многочисленным классом. Обычный луч движется с одинаковой скоростью внутри вещества с двойным преломлением, но скорость необычного луча изменяется в зависимости от положения луча относительно оптической оси, являясь максимальной, когда его движение внутри кристалла происходит под прямым углом к оптической оси, и минимальной, когда оно параллельно ей. Между этими крайними значениями его скорость изменяется по определенному закону.

Из действия исландского шпата на свет был сделан вывод, что во всех дважды преломляющих веществах только один из двух лучей отклоняется в сторону от плоскости обычного преломления, в то время как другой следует обычному закону; и большая трудность наблюдения

явлений, как правило, подтверждала это мнение. М. Френель, однако, с помощью глубочайшего математического исследования, *априори*, доказал, что необычный луч должен отсутствовать в стекле и других некристаллизованных веществах и что он обязательно должен присутствовать в карбонате извести, кварце и других телах, имеющих одну оптическую ось, но что в стекле и других некристаллизованных веществах необычный луч должен отсутствовать и что он обязательно должен присутствовать в карбонате извести, кварце и других телах, имеющих одну оптическую ось. у многочисленного класса веществ, обладающих двумя оптическими осями, оба луча должны подвергаться необычайному преломлению и, следовательно, оба должны отклоняться от своей первоначальной плоскости; и эти результаты были прекрасно подтверждены последующими экспериментами. Эта теория преломления, которая по обобщенности, возможно, уступает только закону всемирного тяготения, внесла имя Френеля в число тех, которые не проходят бесследно, и делает его раннюю потерю предметом глубокого сожаления для всех, кто проявляет интерес к высшим путям научных исследований.

Когда луч обычного света частично отражается от прозрачной поверхности и частично проходит через нее, отраженный и преломленный карандаши содержат равное количество поляризованного света, а их плоскости поляризации расположены под прямым углом друг к другу: следовательно, стопка стеклянных панелей будет давать поляризованный луч за счет преломления. Ибо, если луч обычного света пройдет через них, часть его будет поляризована первой пластиной, вторая пластина будет поляризовать часть того, что проходит через нее, а остальные будут делать то же самое последовательно, пока весь луч не будет поляризован, за исключением того, что теряется при отражении от различных поверхностей или поглощении. Этот луч поляризован в плоскости под прямым углом к плоскости отражения, то есть под прямым углом к плоскости, проходящей через падающий и отраженный луч (N. 208).

Безусловно, самый удобный способ поляризации света - это отражение. Плоскость зеркального стекла, положенная на кусок черной ткани на столе у открытого окна, будет казаться однородно яркой из-за отражения неба или облаков. Но если рассматривать его через пластинку из турмалина, ось которой вертикальна, то вместо освещения, как раньше, оно будет затемнено большим облачным пятном с довольно темным центром, которое легко обнаружить, подняв или опустив глаз, и будет видно только при угле падения 57° , то есть когда линия от глаза к центру черного пятна составляет угол 33° с поверхностью отражателя (N. 209). Когда турмалин повернут в своей собственной плоскости, темное облако уменьшится и полностью исчезнет, когда ось турмалина станет горизонтальной, и тогда каждая часть поверхности стекла будет одинаково освещена. По мере вращения турмалина мутное пятно будет появляться и исчезать попеременно с каждой четвертью оборота. Таким образом, когда луч света падает на листовое стекло под углом 57° , отраженный луч становится неспособным проникнуть через пластину из турмалина, ось которой находится в плоскости падения. Следовательно, он приобрел тот же характер, как если бы был поляризован при прохождении через пластинку из турмалина, причем его ось находилась под прямым углом к плоскости отражения. Опытным путем установлено, что этот поляризованный луч не способен ко второму отражению под определенными углами и в определенных положениях падающей плоскости. Ибо, если другое листовое стекло, имеющее одну затемненную поверхность, расположить так, чтобы оно составляло угол 33° с отраженным лучом, изображение первого листового стекла будет отражаться на его поверхности и будет попеременно освещаться и затемняться при каждой четверти оборота затемненного листового стекла, в зависимости от того, параллельна или перпендикулярна плоскости поляризации плоскость отражения. Поскольку это происходит

независимо от того, каким образом свет был поляризован, это демонстрирует еще одно общее свойство поляризованного света, которое заключается в том, что он не способен отражаться в плоскости, расположенной под прямым углом к плоскости поляризации.

Все отражающие поверхности способны поляризовывать свет, но угол падения, при котором он полностью поляризуется, у каждого вещества разный (N. 210). Оказывается, что угол для листового стекла равен 57° ; для корончатого стекла он равен $56^\circ 55'$, и ни один луч не будет полностью поляризован водой, если угол падения не будет равен $53^\circ 11'$. Углы, под которыми различные вещества поляризуют свет, определяются очень простым и элегантным законом, открытым сэром Дэвидом Брюстером, “Согласно которому тангенс угла поляризации для любой среды равен синусу угла падения, деленному на синус угла преломления этой среды”. Откуда также известна преломляющая способность даже непрозрачного тела, когда определен угол его поляризации.

Если луч, поляризованный за счет преломления или отражения от любого вещества, не являющегося металлом, рассматривать через кусок исландского шпата, каждое изображение будет попеременно исчезать и появляться вновь при каждой четверти оборота шпата, независимо от того, вращается ли он справа налево или слева направо; это показывает, что свойства поляризованного луча симметричны по обе стороны от плоскости поляризации.

Хотя в каждом веществе существует только один угол, под которым свет полностью поляризуется одним отражением, все же он может быть поляризован под любым углом падения достаточным количеством отражений. Ибо, если луч падает на верхнюю поверхность стопки стеклянных пластин под углом, большим или меньшим, чем угол поляризации, поляризованной будет только часть отраженного луча, но часть того, что передается, будет поляризована отражением от поверхности второй пластины, часть - от поверхности третьей и так далее, пока не поляризуется вся. Это лучший прибор; но для этой цели подойдет стеклянная пластина с зачерненной нижней поверхностью или даже полированный стол.

РАЗДЕЛ XXII.

Явления, проявляющиеся при прохождении поляризованного света через слюду и сульфат извести—Цветные изображения, создаваемые поляризованным светом, проходящим через кристаллы, имеющие одну и две оптические оси—Круговая поляризация-Эллиптическая поляризация—Открытия ММ. Био, Френель и профессор Эйри —Цветные изображения, полученные в результате интерференции поляризованных лучей — флуоресценция.

Такова природа поляризованного света и законов, которым он следует. Но вряд ли возможно передать представление о великолепии явлений, которые он демонстрирует при обстоятельствах, которые сейчас будет предпринята попытка описать.

Если смотреть на свет, поляризованный отражением от оконного стекла, через пластинку из турмалина с вертикальным продольным сечением, на стекле будет видно неясное облако с

полностью темным центром. Теперь положите между турмалином и стеклом пластинку слюды толщиной примерно в тридцатую часть дюйма; темное пятно мгновенно исчезнет, и вместо него появится череда самых великолепных цветов, изменяющихся при каждом наклоне слюды, от самых насыщенных красных до самых ярких зеленых, синих и пурпурных (N. 211). Чтобы их можно было разглядеть в совершенстве, слюда должна вращаться под прямым углом к своей собственной плоскости. Если повернуть слюду в плоскости, перпендикулярной поляризованному лучу, то окажется, что в ней есть две линии, в которых цвета полностью исчезают. Это оптические оси слюды, которая является дважды преломляющим веществом, с двумя оптическими осями, вдоль которых свет преломляется в одном карандаше.

Никакие цвета не видны в слюде, независимо от ее положения относительно поляризованного света, без помощи турмалина, который разделяет проходящий луч на два пучка цветного света, дополняющих друг друга, то есть которые, взятые вместе, образовали бы белый свет. Одну из них он поглощает, а другую пропускает; поэтому она называется анализирующей пластинкой. Истинность этого будет очевидна легче, если вместо слюды использовать пленку из сульфата извести толщиной от двадцатой до шестидесяти дюймов. Если пленка имеет одинаковую толщину, то при ее размещении между анализирующей пластиной и отражающим стеклом будет виден только один цвет; например, красный. Но когда турмалин вращается, красный цвет будет постепенно исчезать, пока пленка не станет бесцветной; затем он приобретет зеленый оттенок, который увеличится и достигнет своего максимума, когда турмалин повернется на девяносто градусов; после этого зеленый исчезнет, и красный появится снова, чередуясь в каждом секторе. Таким образом, турмалин разделяет свет, прошедший через пленку, на красный и зеленый карандаши; в одном положении он поглощает зеленый и пропускает красный, а в другом - поглощает красный и пропускает зеленый. Это подтверждается анализом луча с использованием исландского шпата вместо турмалина; поскольку шпат не поглощает свет, будут видны два изображения сульфата извести, одно красное, а другое зеленое; и они меняют цвета каждую четверть оборота шпата, красное становится зеленым, а зеленое - красным; и там, где изображения накладываются друг на друга, цвет становится белым, что доказывает, что красное и зеленое дополняют друг друга. Оттенок зависит от толщины пленки. Пленки из сульфата извести, размером $0 \cdot 00124$ и $0 \cdot 01818$ дюйма соответственно, дают белый свет, в каком бы положении они ни находились, при условии, что они перпендикулярны поляризованному лучу; но пленки средней толщины дают все цвета. Следовательно, кусок сульфатной извести толщиной от $0 \cdot 00124$ до $0 \cdot 01818$ дюйма будет казаться полосатым всех цветов, когда через него пропускается поляризованный свет. Изменение наклона пленки, будь то из слюды или сульфата извести, очевидно, эквивалентно изменению толщины.

Когда пластинку слюды, поднесенную как можно ближе к глазу под таким наклоном, чтобы пропускать поляризованный луч вдоль одной из своих оптических осей, рассматривают сквозь турмалин с вертикальной осью, получается самый великолепный вид. Мутное пятно в направлении оптической оси видно окруженным набором ярко окрашенных колец овальной формы, разделенных на две неравные части черной изогнутой полосой, проходящей через мутное пятно, вокруг которого образуются кольца. Другая оптическая ось слюды демонстрирует аналогичное изображение (N. 212).

Когда две оптические оси кристалла составляют небольшой угол друг к другу, как в селитре, два набора колец соприкасаются снаружи; и, если пластинку селитры повернуть в ее собственной плоскости, черные поперечные полосы претерпевают множество изменений, пока, наконец,

все богато раскрашенное изображение не примет форму цифры 8, перечеркнутой черным крестом (N. 213). Вещества с одной оптической осью имеют только один набор цветных круглых колец, через центр которых проходит широкий черный крест, разделяющий кольца на четыре равные части. Когда анализирующая пластина вращается, эта фигура повторяется через каждую четверть оборота; но в промежуточных положениях она приобретает дополнительные цвета, черный крест становится белым.

Тщетно пытаться описать прекрасные явления, проявляемые бесчисленными телами, которые претерпевают периодические изменения формы и цвета при вращении анализирующей пластины, но ни одно из них не проявляет и следа цвета без помощи турмалина или чего-либо эквивалентного, позволяющего анализировать свет и как бы вызывать к жизни эти прекрасные фантомы. Недостатком турмалина является то, что он сам по себе является окрашенным веществом, но этого неудобства можно избежать, используя отражающую поверхность в качестве анализирующей пластины. Когда поляризованный свет отражается стеклянной пластинкой под углом поляризации, он разделяется на два цветных карандаша; и когда анализирующую пластинку поворачивают в ее собственной плоскости, она будет попеременно отражать каждый луч с каждой четвертью оборота, так что все описанные явления будут видны благодаря отражению на ее поверхности.

Цветные кольца получаются путем анализа поляризованного света, проходящего через расплавленное и внезапно или неравномерно охлажденное стекло; также через тонкие пластины стекла, согнутые рукой, затвердевшее или спрессованное желе и т.д. и т.п. Короче говоря, все явления, связанные с цветными кольцами, могут возникать постоянно или временно в различных веществах под действием тепла и холода, быстрого охлаждения, сжатия, расширения и затвердевания; и для проведения экспериментов требуется так мало оборудования, что, как говорит сэр Джон Гершель, кусок оконного стекла или полированный стол для поляризации света, лист кусочек прозрачного льда для изготовления колец и осколок зеркального стекла, помещенный рядом с глазом для анализа света, необходимы только для проведения одной из самых великолепных оптических выставок.

Давление вызывает заметные изменения в оптических свойствах кристаллов. Сжатие, перпендикулярное оси, превращает кристалл с одной оптической осью в кристалл с двумя. Кусочек кварца и кусочек берилла, вырезанные перпендикулярно своей оси, были спрессованы таким образом М. Муаньо и Солей. Они обнаружили, что единая система в кварце, который является положительным кристаллом, была удвоена в направлении сжатия, в то время как в берилле, который является отрицательным кристаллом, дублирование было перпендикулярно сжатию. В кварце ось двойной системы совпадала с линией давления, но в турмалине, который является отрицательным кристаллом, линия, соединяющая центры колец, была перпендикулярна давлению.

Если положительный кристалл сжать в направлении его оси, то оттенок колец уменьшится, а у отрицательного кристалла повысится. Но если кристаллы расширить в направлении их оптической оси, оттенки в положительных кристаллах увеличатся, а в отрицательных уменьшатся.

Было замечено, что когда луч света, поляризованный отражением от любой поверхности, не металлической, анализируется с помощью вещества с двойным преломлением, он проявляет свойства, которые симметричны как справа, так и слева от плоскости отражения, и тогда

говорят, что луч поляризован в соответствии с этой плоскостью. Эта симметрия не нарушается, когда луч перед анализом пересекает оптическую ось кристалла, имеющего только одну оптическую ось, как это очевидно видно из уже описанных круглых форм цветных колец. Однако регулярно кристаллизующийся кварц составляет исключение. В нем, несмотря на то, что лучи должны проходить через саму оптическую ось, где нет двойного преломления, первичная симметрия луча нарушается, и плоскость первичной поляризации отклоняется либо вправо, либо влево от наблюдателя на угол, пропорциональный толщине кварцевой пластины. Это угловое движение, или истинное вращение плоскости поляризации, которое называется круговой поляризацией, ясно доказывается этими явлениями. Цветные кольца, образуемые всеми кристаллами, имеющими только одну оптическую ось, являются круглыми и пересекаются черным крестом, concentричным кольцам; так что свет полностью исчезает во всем пространстве, заключенном внутренним кольцом, потому что вдоль оптической оси нет ни двойного преломления, ни поляризации. Но в системе колец, образованных пластинкой из кварца, поверхности которой перпендикулярны оси кристалла, часть внутри внутреннего кольца, вместо того чтобы быть лишенной света, занята однородным оттенком красного, зеленого или синего, в зависимости от толщины пластины (N. 214). Предположим, что кварцевая пластинка имеет толщину $\frac{1}{25}$ дюйма, что придаст красный оттенок пространству внутри внутреннего кольца; когда анализирующую пластинку поворачивают в ее собственной плоскости на угол $17\frac{1}{2}^\circ$, красный оттенок исчезает. Если используется пластина из горного хрусталя толщиной $\frac{2}{25}$ дюймов, анализирующая пластина должна повернуться на 35° , прежде чем исчезнет красный оттенок, и так далее, причем каждые дополнительные 25 дюймов толщины требуют дополнительного поворота на $17\frac{1}{2}^\circ$; отсюда очевидно, что плоскость поляризации вращается в направлении спирали внутри горного хрусталя. Примечательно, что в некоторых кристаллах кварца плоскость поляризации вращается справа налево, а в других - слева направо, хотя сами кристаллы отличаются, по-видимому, лишь очень незначительным, почти незаметным разнообразием формы. В этих явлениях вращение вправо совершается по тем же законам и с той же энергией, что и вращение влево. Но если вставить две пластины кварца, которые обладают различными повреждениями, то вторая пластина полностью или частично отменяет вращательное движение, которое производила первая, в зависимости от того, имеют пластины равную или неодинаковую толщину. Когда пластины неодинаковой толщины, отклонение происходит в сторону наибольшего и точно совпадает с тем, которое могла бы произвести третья пластина, равная по толщине разнице между двумя.

М. Био обнаружил те же свойства у различных жидкостей. Скипидарное масло и эфирное масло лавра заставляют плоскость поляризации поворачиваться влево, тогда как сироп сахарного тростника и спиртовой раствор натуральной камфары поворачивают ее вправо. Компенсация осуществляется путем наложения или смеси двух жидкостей, обладающих этими противоположными свойствами, при условии, что не происходит химического воздействия. М. Био также заметил заметную разницу между действием частиц одних и тех же веществ, находящихся в жидком или твердом состоянии. Виноградный сироп, например, поворачивает плоскость поляризации влево до тех пор, пока он остается жидким; но как только он приобретает твердую форму сахара, он заставляет плоскость поляризации поворачиваться вправо, и это свойство сохраняется даже при повторном растворении. Случаются также случаи, когда эти обстоятельства меняются на противоположные.

На луч света, проходящий через жидкость, обладающую способностью к круговой поляризации, не влияет смешивание с жидкостью других жидкостей, таких как вода, эфир,

спирт и т.д., которые сами по себе не обладают круговой поляризацией, угол отклонения остается точно таким же, как и до смешивания. Отсюда М. Био делает вывод, что действие, осуществляемое рассматриваемыми жидкостями, не зависит от их массы, но что это молекулярное действие, осуществляемое первичными частицами материи, которое зависит исключительно от индивидуального строения и полностью независимо от положений и взаимных расстояний частиц друг относительно друга. Эти важные открытия показывают, что круговая поляризация превосходит возможности химического анализа в предоставлении определенных и прямых доказательств сходства или различия, существующего в молекулярном строении тел, а также постоянства этого строения или колебаний, которым оно может быть подвержено. Например, не было обнаружено никакой химической разницы между сиропом из сахарного тростника и сиропом из винограда. Однако первый заставляет плоскость поляризации вращаться вправо, а другой - влево; следовательно, в природе их конечных молекул должно существовать какое-то существенное различие. Такое же различие прослеживается между соками таких растений, которые дают сахар, подобный тому, который получают из тростника, и соками, которые дают сахар, подобный тому, который получают из винограда.

Если растворить хлорат соды в воде, жидкость не будет иметь круговой поляризации; но если дать раствору кристаллизаться, одни кристаллы направят свет вправо, а другие - влево. Теперь, если все кристаллы одного вида собрать вместе и растворить во второй раз, жидкость не будет иметь круговой поляризации; но если позволить образоваться кристаллам, одни будут направлять свет вправо, а другие влево, хотя был растворен только один вид.^[11]

Это факт, установленный М. Био, что при круговой поляризации законы вращения, которым следуют различные простые лучи света, неодинаковы в различных веществах. Отсюда он делает вывод, что отклонение простых лучей друг от друга не должно быть результатом только особого свойства светового принципа, но что надлежащее действие молекул должно также по-разному изменять отклонения простых лучей в разных веществах.

Одним из многих блестящих открытий М. Френеля является получение круговой и эллиптической поляризации путем внутреннего отражения света от листового стекла. Он показал, что, если свет, поляризованный любым из обычных методов, дважды отразится внутри стеклянного ромба (N. 169) заданной формы, колебания эфира, перпендикулярные плоскости падения, замедлятся на четверть колебания, что заставляет вибрирующие частицы описывать круги, а последовательность таких вибрирующих частиц на протяжении волны в целом образует круговую спираль, или изгиб наподобие штопора. Однако это происходит только тогда, когда плоскость поляризации наклонена под углом 45° к плоскости падения. Когда эти две плоскости образуют больший или меньший угол, последовательность вибрирующих частиц образует эллиптическую спираль, изгиб которой может быть представлен скручиванием нити по спирали вокруг овального стержня. Эти кривые будут поворачивать вправо или влево, в зависимости от положения падающей плоскости.

Движение эфирной среды в эллиптической и круговой поляризации может быть представлено аналогией натянутого шнура; ибо, если конец такого шнура возбуждать через равные и регулярные промежутки времени вибрационным движением, полностью ограниченным одной плоскостью, шнур будет отброшен в волнообразную кривую, полностью лежащую в этой плоскости. Если к этому движению добавить другое, подобное и равное, но перпендикулярное

первому, шнур примет форму эллиптической спирали; его конец будет описывать эллипс, и каждая молекула по всей его длине будет последовательно делать то же самое. Но если вторая система колебаний начнется ровно на четверть колебания позже первой, шнур примет форму круговой спирали или штопора, крайняя часть будет равномерно двигаться по кругу, и каждая молекула по всему шнуру будет делать то же самое последовательно. Следовательно, оказывается, что как круговая, так и эллиптическая поляризация может быть вызвана совокупностью движений двух лучей, в которых частицы эфира вибрируют в плоскостях, расположенных под прямым углом друг к другу.

Профессор Эйри в очень глубокой и умелой статье, опубликованной в Cambridge Transactions, доказал, что все различные виды поляризованного света получаются из горного хрусталя. Когда поляризованный свет проходит через ось кристалла кварца, в исходящем луче частицы эфира движутся по круговой спирали; а когда он передается наклонно, так что образует угол с осью призмы, частицы эфира движутся по эллиптической спирали, эллиптичность которой увеличивается с наклоном падающего луча; так что, когда падающий луч падает перпендикулярно оси, частицы эфира движутся по прямой линии. Таким образом, кварц демонстрирует все разновидности эллиптической поляризации, даже включая крайние случаи, когда эксцентриситет равен нулю или равен большей оси эллипса (N. 215). Во многих кристаллах два луча разделены настолько слабо, что только из природы проходящего света известно, что они обладают свойством двойного преломления. М. Френель обнаружил, экспериментируя со свойствами света, проходящего через ось кварца, что он состоит из двух наложенных друг на друга лучей, движущихся с разными скоростями; и профессор Эйри показал, что в этих двух лучах молекулы эфира колеблются по сходным эллипсам под прямым углом друг к другу, но в разных направлениях; что их эллиптичность изменяется в зависимости от угла, который падающий луч составляет с осью; и что, посредством по составу своих движений они производят все явления поляризованного света, наблюдаемые в кварце.

Из сказанного следует, что молекулы эфира всегда совершают свои колебания под прямым углом к направлению луча, но совершенно по-разному в различных видах света. При естественном освещении колебания прямолинейны, причем во всех плоскостях. В обычном поляризованном свете они прямолинейны, но ограничены одной плоскостью; при круговой поляризации колебания являются круговыми; а при эллиптической поляризации молекулы колеблются по эллипсам. Эти колебания передаются от молекулы к молекуле по прямым линиям, когда они прямолинейны, по круговой спирали, когда они круглые, и по овальной или эллиптической спирали, когда они эллиптические.

Некоторые жидкости естественным образом обладают свойством круговой поляризации, например, скипидарное масло, эфирные масла лавра и лимона, виноградный сахар и различные жидкости.

Эллиптическая поляризация возникает при отражении от металлических поверхностей. М-р Баден Пауэлл обнаружил это также в свете, отраженном от фарфоровых чернил, хромата свинца, свинцового свинца и т. Д. М-р Эйри заметил, что свет, отраженный от алмаза, эллиптически поляризован; а м-р Джамин показал, что такого рода поляризация обычно возникает при отражении почти от всех прозрачных тел, какой бы ни была их преломляющая способность, особенно от стекла под углами, очень мало отличающимися от закона касательных.

Вода поляризует свет по кругу между точками максимальной плотности и затвердевания; следовательно, она становится кристаллической.

Цветные изображения при поляризованном свете возникают в результате интерференции лучей (N. 216). М. М. Френель и Араго обнаружили, что два луча поляризованного света интерферируют и создают цветные полосы, если они поляризованы в одной плоскости, но что они не интерферируют при поляризации в разных плоскостях. Во всех промежуточных положениях образуются полосы промежуточной яркости. Аналогия с натянутым шнуром покажет, как это происходит. Предположим, что шнур нужно перемещать вперед и назад по горизонтали с равными интервалами; он будет перекинут в виде волнообразной кривой, лежащей полностью в одной плоскости. Если к этому движению добавить другое, подобное и равное, начинающееся ровно на половину колебания позже первого, то очевидно, что прямое движение, которое примет каждая молекула вследствие первой системы волн, будет в каждый момент точно нейтрализовано обратным движением, которое она совершила бы благодаря второй; и сам шнур будет находиться в состоянии покоя вследствие интерференции. Но если бы вторая система волн находилась в плоскости, перпендикулярной первой, то результатом было бы только скручивание веревки, так что никаких помех не возникло бы. Лучи, поляризованные под прямым углом друг к другу, могут впоследствии оказаться в одной плоскости, не приобретая свойства создавать цветные полосы; но если они принадлежат карандашу, весь который изначально был поляризован в одной плоскости, они будут интерферировать.

Способ формирования цветных изображений можно понять, если учесть, что, когда поляризованный свет проходит через оптическую ось вещества с двойным преломлением, например слюды, анализирующий турмалин разделяет его на два пучка; и поскольку поглощается один луч, интерференции быть не может. Но когда поляризованный свет проходит через слюду в любом другом направлении, он разделяется на два белых луча, и они снова разделяются на четыре пучка турмалином, который поглощает два из них; а два других, проходя в одной плоскости с разными скоростями, интерферируют и производят цветные явления. Если анализ проводить с использованием исландского шпата, то единственный луч, проходящий через оптическую ось слюды, будет преломляться в два луча, поляризованных в разных плоскостях, и интерференции не произойдет. Но когда два луча пропускаются слюдой, они будут разделены лонжероном на четыре, два из которых будут интерферировать, образуя одно изображение, а два других из-за своей интерференции будут создавать дополнительные цвета другого изображения, когда лонжерон повернется на 90° ; потому что в таких положениях лонжерона, которые создают цветные изображения, одновременно видны только два луча, а два других отражаются. Когда анализ осуществляется путем отражения, если слюда пропускает два луча, они поляризуются в плоскостях, расположенных под прямым углом друг к другу. И если плоскость отражения любого из этих лучей находится под прямым углом к плоскости поляризации, то будет отражен только один из них, и, следовательно, интерференции произойти не может; но во всех других положениях анализирующей пластины оба луча будут отражаться в одной плоскости и, следовательно, будут образовывать цветные кольца в результате своей интерференции.

Очевидно, что большая часть света, который мы видим, должна быть поляризована, поскольку большинство тел, обладающих способностью отражать или преломлять свет, также обладают способностью его поляризовывать. Голубой свет неба полностью поляризован под углом 74° к солнцу в плоскости, проходящей через его центр.

Плеяда талантов, почти не имевших себе равных ни в один период истории науки, внесла свой вклад в теорию поляризации, хотя первоначальное открытие этого свойства света было случайным и возникло в результате события, которое, как и тысячи других, осталось бы незамеченным, если бы оно не произошло с одним из тех редких умов, способных делать важнейшие выводы из обстоятельств, на первый взгляд незначительных. В 1808 году, когда М. Малюс случайно рассматривал с помощью призмы с двойным преломлением яркий закат, отраженный от окон Люксембургского дворца в Париже, при медленном вращении призмы он был удивлен, увидев очень большую разницу в интенсивности двух изображений, причем наиболее преломленное попеременно менялось от яркости к затемненности в каждом квадранте вращения. Столь неожиданный феномен побудил его исследовать его причину, из которой возникла одна из самых элегантных и утонченных ветвей физической оптики.

Флуоресценция, или внутреннее рассеяние света, хотя и далека от красоты или обширных последствий поляризованного света, едва ли менее замечательна. Различные вещества, такие как канареечное стекло, раствор сульфата хинина, плавиновый шпат и большое количество органических веществ, обладают свойством уменьшать преломляемость света за счет внутренней дисперсии, следовательно, увеличивать длину волн и ухудшать цветность в призматической шкале; поэтому это называется ухудшенным светом, или флуоресценцией, поскольку впервые обнаружено у плавинового шпата.

Если кусок стекла, окрашенный кобальтом, вставить в отверстие в ставне окна в темной комнате, то пластинка белого фарфора, помещенная рядом с ней, будет казаться голубой; но если рассматривать пластинку через желтое стекло, окрашенное серебром, она будет казаться почти совсем черной, потому что желтое стекло поглощает все лучи, пропускаемые синим стеклом. Однако, если положить на плиту кусочек канареечного стекла в темное время суток, каждая частичка канареечного стекла будет сиять, как если бы она была самосветящейся, и таким ярким светом, что все написанное на плите, которое раньше было невидимо, теперь можно будет отчетливо прочитать. Таково уникальное явление внутренней дисперсии, ухудшенного света или флуоресценции. Яркость ни в коем случае не обусловлена фосфоресценцией, потому что канареечное стекло светится только под воздействием активных или синих лучей, тогда как фосфоресцирующие тела светятся своим собственным светом - последний излучает независимо, первый зависимо; однако возможно, что впоследствии между ними можно будет проследить связь.

Из аналитического исследования этого явления следует, что вибрации флуоресцирующего вещества аналогичны колебаниям звучащего органа, такого как колокольчик или музыкальный шнур, которые издают основную ноту и ее гармоники. Теперь, поскольку между молекулами вещества и света существует взаимное действие, когда солнечный свет поглощается веществом, способным флуоресцировать, оно приводит все свои молекулы в колебания, такие же, как и его собственные, аналогичные основной ноте, в то время как в то же время определенное количество молекул совершает более быстрые колебания, точно такие же, как гармоники. Последние образуют новые центры света по всему веществу, которые передают свои вибрации окружающей эфирной среде и образуют флуоресценцию или искаженный свет. Например, в описанном эксперименте синий свет сообщал свои собственные вибрации всем молекулам канареечного стекла, а также более быстрые колебания определенному числу из них. Все голубые лучи были исключены желтым стеклом, которое держали перед глазом; но оно было проницаемо для лучей, исходящих с более быстрыми колебаниями от меньшего числа

молекул, которые, таким образом, стали действительно новыми центрами света, отличными от солнечного света, хотя и благодаря ему; один небесный, другой земной; и поскольку последние вибрации были более быстрыми, чем у синего света, их преломляемость была меньше, и, следовательно, их цвет ниже в призматической шкале. Мистер Пауэр вычислил на основе своих формул, что флуоресцентный свет создается колебаниями, которые на большую или меньшую треть ниже высоты общей вибрации среды, то есть ниже вибраций, которые легче всего воспринимают все молекулы тела.

Профессор Стоукс из Кембриджа, проводивший предыдущий эксперимент, обнаружил, что химические лучи из определенной точки солнечного спектра производят в растворе сульфата хинина свет небесно-голубого цвета, который исходит из жидкости во всех направлениях, и что этот синий флуоресцентный свет содержит, при анализе, все лучи спектра; отсюда он сделал вывод, что рассеивающая способность, или флуоресценция, снизила преломляемость химических лучей, сделав их видимыми; и сэр Дэвид Брюстер отмечает, что новый спектр из всех цветов, в которые они были преобразованы, содержит все лучи спектра. преобразованный, он должен обладать экстраординарным свойством быть светящимся спектром, либо без химических лучей, либо полным их. Дисперсия в растворе хинина наибольшая вблизи поверхности, но голубое излучение исходит из каждой части жидкости; и сэр Джон Гершель, который обнаружил свойство флуоресценции в этой жидкости и дал ей название эпиполичного света, обнаружил, что остальная часть луча, когда он выходит из раствора, хотя внешне и не отличается от падающего белого света, все же настолько сильно изменяется при прохождении через жидкость, что он больше не способен производить флуоресценцию, хотя все еще способен к обычному рассеянию. Синий свет, исходящий от раствора хинина, при исследовании состоял из лучей, простирающихся на большую часть спектра.

Пропуская солнечный луч через голубоватый фтористый шпат, сэр Дэвид Брюстер обнаружил, что синий цвет не поверхностный, как кажется, но что некоторые прожилки внутри кристалла рассеивают голубой свет, другие - розовый и даже белый; короче говоря, он сталкивался с флуоресценцией в такой разнообразии веществ, что пришел к выводу, что она может в большей или меньшей степени преобладать в большем количестве твердых веществ и жидкостей.

Профессор Дрейпер из Нью-Йорка доказал, что результат одинаков независимо от того, поляризован падающий свет или нет, и что рассеянный или ослабленный свет никогда не поляризуется, но что он излучается во всех направлениях, как если бы вещество было самосветящимся; он проводил эксперименты со светом из всех частей солнечного спектра и с различными веществами и всегда обнаруживал, что преломляемость падающего луча уменьшалась из-за внутренней дисперсии, и что цвет изменялся в соответствии с новой преломляемостью. Профессор Дрейпер также показал, что закон действия и противодействия преобладает во всех явлениях солнечного луча, как и в любой другой области природы; так что луч не может быть отражен, преломлен, а тем более поглощен, не произведя некоторого изменения в принимающей среде; а мистер Пауэр аналитически доказал, что солнечные лучи не могут оказывать никакого воздействия ни на одну среду, через которую они передаются, не сопровождаясь уменьшением преломления. Он говорит: "Новый свет, исходящий от флуоресцентной среды, ничем не отличается от любого другого света того же призматического состава. В своих физических свойствах он не сохраняет никаких следов своего происхождения; он имеет земное происхождение, и его цвет зависит просто от его новой преломляемости, не имеющей ничего общего ни с преломляемостью производящих лучей, ни с обстоятельствами их

принадлежности к видимой или невидимой части спектра”. Эти явления могут быть объяснены только волновой теорией света.

РАЗДЕЛ XXIII.

Возражения против волновой теории, основанные на различии в действии звука и света при одних и тех же обстоятельствах, устранены — Рассеяние света в соответствии с Волновой теорией — окончательное доказательство Араго того, что Волновая теория является Законом Природы.

Многочисленные явления периодических цветов, возникающие в результате интерференции света, которые не допускают удовлетворительного объяснения ни на каком другом принципе, кроме волновой теории, являются сильнейшими аргументами в пользу этой гипотезы; и даже случаи, которые когда-то казались неблагоприятными для этой доктрины, при исследовании доказали, что они исходят только из нее. Таково ошибочное возражение, которое было сделано вследствие различия в способе действия света и звука при одних и тех же обстоятельствах в одном конкретном случае. Когда луч света от светящейся точки и расходящийся звук проходят через очень маленькое отверстие в темную комнату, свет идет прямо вперед и освещает небольшое пятно на противоположной стене, оставляя остальное в темноте; тогда как звук при входе расходится во всех направлениях и слышен в каждой части комнаты. Однако эти явления, вместо того чтобы противоречить волновой теории, являются ее прямыми следствиями, возникающими из-за очень большой разницы между величиной колебаний звука и света. Колебания света несравненно меньше, чем при минимальной диафрагме, в то время как колебания звука намного больше. Следовательно, когда свет, расходящийся от светящейся точки, попадает в отверстие, лучи по его краям косые и, следовательно, разной длины, в то время как лучи в центре прямые и почти или полностью одинаковой длины. Таким образом, небольшие неровности между центром и краями находятся в разных фазах, то есть в разных состояниях неровности. Следовательно, большее их количество интерферирует и, уничтожая друг друга, создает темноту по всем краям отверстия; тогда как центральные лучи, имеющие одинаковые фазы, объединяются и создают пятно яркого света на стене или экране прямо напротив отверстия. Напротив, волны воздуха, производящие звук, будучи очень большими по сравнению с отверстием, ощутимо не расходятся при прохождении через него, и поэтому все они настолько близки по длине и, следовательно, находятся в одинаковой фазе или состоянии колебания, что ни одна из них не интерферирует в достаточной степени, чтобы уничтожить друг друга. Следовательно, все частицы воздуха в помещении находятся в состоянии вибрации, так что интенсивность звука практически везде одинакова. Какими бы убедительными ни были предыдущие примеры, следующий эксперимент, проведенный М. Араго, кажется решающим в пользу волновой доктрины. Предположим, что плосковыпуклая линза очень большого радиуса помещена на пластину из очень хорошо отполированного металла. Когда луч поляризованного света падает на этот прибор под очень большим углом падения, в точке соприкосновения видны кольца Ньютона. Но поскольку угол поляризации стекла отличается от угла поляризации металла, когда свет падает на линзу под углом поляризации стекла, черное пятно и система

колец исчезают. Ибо, хотя свет в изобилии продолжает отражаться от поверхности металла, ни один луч не отражается от поверхности стекла, которое соприкасается с ним, следовательно, интерференции произойти не может; что, вне всякого сомнения, доказывает, что кольца Ньютона являются результатом интерференции света, отраженного от обеих поверхностей, которые, по-видимому, соприкасаются (N. 199).

Несмотря на успешную адаптацию волновой системы к явлениям, рассеяние света долгое время представляло собой серьезное возражение против этой теории, которое было устранено профессором Пауэллом из Оксфорда.

Солнечный луч, падающий на призму, вместо того, чтобы преломляться в единственную точку белого света, разделяется на составляющие его цвета, которые рассеяны неравномерно на значительном пространстве, из которых часть, занимаемая красными лучами, наименьшая, а та, на которой рассеяны фиолетовые лучи, наибольшая. Таким образом, лучи цветного спектра, волны которых имеют разную длину, имеют разную степень преломления и, следовательно, движутся с разной скоростью либо в среде, пропускающей свет от солнца, либо в преломляющей среде, либо в обеих; тогда как лучи всех цветов приходят от солнца к земле с одинаковой скоростью. Если бы, действительно, скорости различных лучей были различны в пространстве, абберация неподвижных звезд, которая обратно пропорциональна скорости, была бы различной для разных цветов, и каждая звезда выглядела бы как спектр, длина которого была бы параллельна направлению движения Земли, что, как установлено, не согласуется с наблюдениями. Кроме того, в аналогичном случае звука нет такой разницы в скоростях длинных и коротких воздушных волн, поскольку ноты самого низкого и самого высокого тона слышны в том порядке, в котором они звучат. Фактически, когда солнечный луч проходит из воздуха в призму, его скорость уменьшается; и, поскольку его преломление и, следовательно, его рассеяние зависят исключительно от уменьшенной скорости прохождения его волн, они должны быть одинаковыми для волн любой длины, если только не существует связи между длиной волны и скоростью, с которой она распространяется. Итак, эта связь между длиной волны любого цвета и ее скоростью или преломляемостью в данной среде была выведена профессором Пауэллом из исследований свойств света М. Коши в своеобразной модификации волновой гипотезы. Следовательно, преломляемость различных цветных лучей, вычисленная на основе этого соотношения для любой данной среды, при сравнении с их преломляемостью в той же среде, определенной фактическими наблюдениями, покажет, подпадает ли рассеяние света под законы этой теории. Но для достижения этой цели ясно, что длину волн следует определять независимо от преломления, и очень красивое открытие М. Фраунгофера предоставляет средства для этого.

Этот философ получил совершенно чистый и законченный цветной спектр со всеми его темными и яркими линиями только путем интерференции света от солнечного луча, проходящего через ряд тонких параллельных проволочек, покрывающих объективное стекло телескопа. В этом спектре, сформированном независимо от призматического преломления, положение окрашенных лучей зависит только от длины их волн, и М. Фраунгофер обнаружил, что интервалы между ними точно пропорциональны разнице этих длин. Он измерил длины волн различных цветов в семи фиксированных точках, определенных семью основными темными и светлыми линиями. Профессор Пауэлл, воспользовавшись этими мерами, произвел необходимые вычисления и обнаружил, что совпадение теории с наблюдениями является совершенным для десяти веществ, преломляемость которых ранее была определена прямыми

измерениями М. Фраунгофера, и для десяти других, преломляемость которых была установлена М. Рудбергом совсем недавно. Таким образом, в случае семи лучей в каждом из двадцати различных веществ, твердых и текучих, рассеяние света происходит в соответствии с законами волновой теории; и едва ли может быть сомнение в том, что рассеяние во всех других телах подчиняется тому же закону. Однако явным условием связи между скоростью света и длиной его колебаний является то, что интервалы между вибрирующими молекулами эфирного флюида должны иметь ощутимую зависимость от длины волны. Совпадение вычисленных с наблюдаемыми преломлений показывает, что это условие выполняется в преломляющей среде; но абберрация неподвижных звезд приводит к выводу, что оно не выполняется в эфирных областях, где скорости лучей всех цветов одинаковы. Как бы ни было убедительно все предшествующее в пользу волновой теории, относительная скорость света в воздухе и воде является окончательным и решающим доказательством. Согласно ньютоновской теории, скорость в воде больше, чем в воздухе, согласно волновой теории она меньше; следовательно, если бы можно было провести сравнение, было бы решено, какой из них является законом природы. Трудность заключалась в сравнении скорости света, проходящего через небольшой участок воды, со скоростью света в воздухе, которая в 10 000 раз превышает скорость движения Земли по своей орбите. Этот тонкий и трудный эксперимент был проведен с помощью прибора, изобретенного профессором Уитстоуном для измерения скорости электричества. Он состоит из небольшого зеркала, которое вращается в своей собственной плоскости подобно монете, вращающейся на своем ребре. Когда он вращается очень быстро, отраженное изображение объекта ощутимо меняет свое местоположение за невообразимо малую долю секунды. Зеркала, использованные в эксперименте, вращались более 1000 раз в секунду, что означало, что расположение двух изображений — одного от света, проходящего через воздух, а другого от света, проходящего через слой воды равной длины, — оказалось таким, что доказывает, что скорость света в воздухе и в воде равна 4 к 3, в то время как по ньютоновской теории она равна 3 к 4. Благодаря этому окончательному и решающему доказательству волновая теория может отныне рассматриваться как закон природы. Этот эксперимент был проведен М. Физо и М. Леон-Фоко по предложению М. Араго, чье зрение не позволяло ему провести его самому.

РАЗДЕЛ XXIV.

Химические или фотографические лучи солнечного спектра—Открытия Шееле, Риттера и Волластона—Фотографические снимки Веджвуда и сэра Хамфри Дэви—Калотип—Дагерротип—Хроматип-Цианотип—Коллодий—Открытия сэра Джона Гершеля в химическом спектре—М. Открытия Беккерелем неактивных линий в аналогично—термическом спектре—Фосфорный спектр—Электрические свойства—Паратермические лучи—Эксперименты Мозера и Ханта—Общая структура и антагонистические свойства солнечного спектра—Дефрагментированный спектр.

Солнечный Спектр оказывает энергетическое воздействие на материю, производя самые удивительные и таинственные изменения в организованном и неорганизованном творении.

Вероятно, свет воздействует на все тела, но с наибольшей энергией он действует на тела со слабым химическим сродством, придавая им свойства, которыми они раньше не обладали. Коллодий и соли металлов, особенно серебра, молекулы которых удерживаются вместе в неустойчивом равновесии, являются из всех тел наиболее восприимчивыми к его воздействию; эффекты, однако, варьируются в зависимости от используемых веществ и от различных лучей солнечного спектра, химические свойства которых никоим образом не одинаковы. Еще в 1772 году М. Шееле показал, что чистый белый цвет хлорида серебра быстро затемняется синими лучами солнечного спектра, в то время как красные лучи на него не влияют; а в 1801 году М. Риттер обнаружил, что невидимые лучи за фиолетовым концом обладают свойством чернить аргентинские соли, что это свойство уменьшается по направлению к менее преломляемой части спектра, и что красные лучи обладают противоположным свойством восстанавливать почерневшую соль серебра до ее первоначальной чистоты; из чего он сделал вывод, что наиболее преломляемый конец спектра имеет свойство затемнять аргентинские соли. одна обладает способностью насыщать кислородом, а другая - дезоксигенировать. Доктор Волластон обнаружил, что гваяковая камедь приобретает зеленый цвет в фиолетовых и синих лучах и восстанавливает свой первоначальный оттенок в красных. Не предпринималось попыток проследить природные объекты с помощью отраженного от них света, пока мистер Веджвуд вместе с сэром Хэмфри Дэви не взялись за эту тему: они создавали профили и очертания объектов на поверхностях, обработанных нитратом и хлоридом серебра, но им не удалось сделать полученные изображения постоянными. Эта трудность была преодолена в 1814 году М. Ньепсе, который создал постоянное изображение окружающих предметов, поместив в фокус камеры-обскуры металлическую пластинку, покрытую пленкой асфальта, растворенного в лавандовом масле.

Мистер Фокс Тэлбот, ничего не зная об экспериментах мсье Ньепсе, занимался тем же самым, и его следует рассматривать как независимого изобретателя фотографии, одного из самых прекрасных искусств современности: он был первым, кому удалось использовать бумагу, химически подготовленную для получения оттисков от природных объектов; и он также открыл метод постоянной фиксации оттисков, то есть сделать бумагу нечувствительной к любому дальнейшему воздействию света. В калотипии, одном из применений искусства мистера Тэлбота, фотографическую поверхность подготавливают путем промывки гладкой писчей бумаги сначала раствором нитрата серебра, затем бромистым калием и снова нитратом серебра, высушивая ее на огне после каждой промывки; таким образом, бумага становится настолько чувствительной к свету, что на ней заметно даже прохождение тонкого облачка, следовательно, ее нужно готовить при свете свечи. Портреты, здания, насекомые, листья растений — словом, каждый объект точно обрисовывается за несколько секунд; а в фокусе камеры-обскуры самые мелкие объекты изображаются настолько точно, что микроскоп открывает новые красоты.

Поскольку химическое воздействие света заключается в разрушении сродства между солью и серебром, мистер Тальбот обнаружил, что для того, чтобы сделать эти отпечатки постоянными на бумаге, было необходимо всего лишь промыть ее солью и водой или раствором йодистого калия. Для этих жидкостей предпочтительно были заменены жидкими гипосульфитами, которые наиболее эффективно растворяют и удаляют неизмененную соль, оставляя восстановленное серебро на бумаге. Калотипное изображение является негативным, то есть свет и тени противоположны тем, которые есть в природе, и правая сторона в природе - это левая сторона изображения; но если его поместить лицевой стороной, прижатой к фотобумаге, между доской

и стеклянной пластиной и ненадолго выставить на солнце, образуется позитивное и прямое изображение, такое, какое оно есть в природе: гравюры могут быть точно скопированы этим простым процессом, и прямое изображение может быть получено сразу с использованием фотобумаги, которая уже стала коричневой под воздействием света.

В то время как мистер Фокс Тэлбот занимался этими очень изящными открытиями в Англии, мсье Дагерр довел до совершенства и обнародовал тот замечательный процесс, с помощью которого он заставил Природу постоянно гравировать свои собственные произведения; и таким образом таланты Франции и Англии объединились, доведя до совершенства это полезное искусство. Медь, покрытая серебром, была успешно использована М. Дагерром для копирования природы с помощью света. Поверхность пластины преобразуют в йодид серебра, помещая ее горизонтально лицевой стороной вниз в закрытую коробку, на дне которой находится небольшое количество йода, который самопроизвольно испаряется. Через три-четыре минуты поверхность приобретает желтый оттенок, а затем, тщательно экранируя ее от света, ее необходимо поместить в фокус камеры-обскуры, где через несколько минут на ней будет запечатлено невидимое изображение внешних объектов. Когда пластинку вынимают, ее необходимо поместить в другую коробку и подвергнуть воздействию паров ртути, которые прилипают к тем частям пластины, которые подвергались воздействию света, но не прилипают к тем частям, которые находились в тени; а поскольку количество ртути на других частях точно пропорционально степени освещенности, затенение рисунка получается идеальным. Изображение фиксируют, сначала удаляя йод с пластинки, погружая ее в гипосульфит соды, а затем промывая дистиллированной водой; в результате этого процесса желтый цвет разрушается, и, чтобы ртуть стала постоянной, пластинку необходимо на несколько минут подвергнуть воздействию паров азота, затем ненадолго поместить в азотную кислоту, содержащую раствор меди или серебра, при температуре $61\frac{1}{4}^{\circ}$ по Фаренгейту, и, наконец, отполировать мелом. Этой заключительной частью процесса мы обязаны доктору Берре из Вены.

Ничто не может быть прекраснее затенения этих светотеневых изображений, когда объекты находятся в состоянии покоя, но малейшее движение разрушает эффект; поэтому метод больше применим к зданиям, чем к ландшафту. Не хватает цвета, но исследования сэра Джона Гершеля дают основания полагать, что даже это в конечном итоге будет достигнуто.

Наиболее совершенные отпечатки морских водорослей, листьев растений, перьев и т. Д. Могут быть получены путем приведения объекта в тесный контакт с листом фотобумаги, между доской и стеклянной пластиной; затем выставления всего на короткое время на солнце, а затем фиксации описанным способом. Цвета рисунков меняются в зависимости от подготовки бумаги, с помощью которой можно получить практически любой оттенок.

В хроматипе, своеобразной фотографии, открытой мистером Хантом, используется хромат меди, на котором сначала формируется темно-коричневое негативное изображение, но при продолжительном воздействии света оно меняется на позитивное желтое изображение на белом фоне; дальнейшее воздействие света проверяется промыванием изображения в чистой воде.

На цианотипах, классе фотографий, открытых сэром Джоном Гершелем, на которых циан в сочетании с железом образует основу, изображения выполнены в берлинском сине-белом цвете. На хризотипе того же выдающегося философа изображение сначала наносится на

бумагу, приготовленную с использованием цитрата аммиака железа, а затем промывается нейтральным раствором золота. Его фиксируют водой, подкисленной серной кислотой, и, наконец, гидриодатом калия, из которого получается бело-фиолетовая фотография. Тщетно пытаться описать различные прекрасные эффекты, которые сэр Джон Гершель получил от химических соединений и соков растений; сок красного мака дает положительный голубовато-фиолетовый оттенок, а сок десятидневного мака - нежно-розовый на бледно-соломенном фоне.

Рисунки могут быть сделаны под воздействием солнечного света на любых сложных веществах, обладающих слабым химическим сродством; но изображение часто остается невидимым, как на дагерротипе, пока не будет выведено путем промывки каким-либо химическим препаратом. Часто бывает достаточно воды; действительно, сэр Джон Гершель извлекал спящие фотографии, дыша на них, а некоторые вещества нечувствительны к действию света, пока их не увлажнят, как, например, гваяковая камедь. Аргентинская бумага, однако, мало подвержена воздействию влаги. В некоторых случаях мощность солнечных лучей увеличивается за счет помещения стеклянной пластины в тесном контакте с чувствительной поверхностью.

Все эти различные эксперименты, хотя и были в высшей степени интересными, теперь были отменены. Было обнаружено, что бумага не всегда подходит для фотографии из-за несовершенства ее структуры; серебряные пластины были слишком дорогими, а стекло оказалось невпечатляющим. Тем не менее, м. Ньепсе де Виктор добился прекрасных результатов на стекле, покрытом белком, смешанным с чувствительными веществами, что подсказало средю, с помощью которой искусство было доведено до нынешнего совершенства, и этим последним шагом мы обязаны мистеру Скотту Арчеру. Он тонко покрыл стеклянную пластинку коллодием, то есть пушечной ватой, растворенной в эфире и спирте, которая при высыхании образует тонкую прозрачную пленку с исключительной адгезией и такой высокой чувствительностью, что воздействие света на нее настолько мгновенное, что останавливает штормовое море или мимолетное облако, прежде чем они успевают измениться. Теперь пейзажи в светотени получаются необычайной красоты, которые при более медленных методах представляли собой просто массу глубоких теней и яркого света. Архитектура получилась еще более совершенной, но она не в состоянии передать приятный облик человека.

Химическое действие всегда сопровождает солнечный свет, но анализ солнечного спектра частично раскрыл удивительную природу излучения. В ходе исследования сэром Джоном Гершелем были обнаружены наиболее важные и неожиданные свойства, которые оставляют отпечаток гениальности на всем, к чему он прикасается — только его красноречивые статьи могут дать адекватное представление об их ценности для открытия обширной и неисследованной области исследований. Следующий краткий и несовершенный отчет о его экспериментах — это все, что здесь можно попытаться сделать:

Определенная степень химической энергии распределена по каждой части солнечного спектра, а также в значительной степени по темным пространствам на каждом конце. Это распределение зависит не только от преломляемости лучей, но также от природы самих лучей и от физических свойств анализирующей среды, на которую принимаются лучи, изменения которых указывают на их действие и измеряют его. Длина фотографического изображения *одного и того же* солнечного спектра зависит от физических свойств поверхности, на которой оно запечатлено. Когда солнечный спектр записывается на бумаге, приготовленной с помощью

бромистого серебра, химический спектр, обозначаемый просто длиной затемненной части, включает в своих пределах весь световой спектр, простирающийся в одном направлении далеко за пределы крайних фиолетовых и лавандовых лучей, а в другом вплоть до крайних красных: при использовании тартрата серебра затемнение занимает не только все пространство под наиболее преломляемыми лучами, но и выходит далеко за пределы крайнего красного. На бумаге, приготовленной из формобензоата серебра, химический спектр обрывается в оранжевых лучах, при использовании фосфата серебра - в желтых, а при использовании хлорида золота он заканчивается зеленым, при использовании карбоната ртути - синим, а на бумаге, приготовленной из перцианида золота, аммиака и нитрата серебра, затемнение полностью выходит за пределы видимого спектра в его наиболее преломляемой части и составляет лишь половину его длины, тогда как в некоторых случаях химическое воздействие занимает пространство, более чем в два раза превышающее длину светящегося изображения.

Точка максимальной энергии химического действия варьируется для разных препаратов так же сильно, как и масштаб действия. В большем числе случаев точка наиболее глубокого почернения находится около нижнего края лучей цвета индиго, хотя нет двух случаев, когда она в точности одинакова, и у многих веществ она сильно отличается. На бумаге, приготовленной из сока десятидневного урожая (*Mathiola annua*), есть два максимума, один в средне-желтом цвете и более слабый в фиолетовом; а на препарате из тартрата серебра сэр Джон Гершель обнаружил три, один в наименее преломляемом синем цвете, один в индиго и третий за пределами видимого фиолетового. Уменьшение фотографической энергии редко бывает абсолютно одинаковым по обе стороны от максимума. Таким образом, в наиболее преломляемом конце солнечного спектра наибольшая химическая энергия проявляется в большинстве случаев там, где меньше всего света и тепла, и даже в пространстве, где и то, и другое ощутимо прекращается.

Не только интенсивность, но и вид воздействия различны в разных точках солнечного спектра, как, очевидно, следует из различных цветов, которые часто отражаются на одной и той же анализируемой поверхности, причем каждый луч имеет тенденцию придавать свой собственный цвет. Сэр Джон Гершель получил цветное изображение солнечного спектра на бумаге, подготовленной по принципу мистера Тэлбота, из солнечного луча, преломленного стеклянной призмой, а затем сильно сконденсированного линзой. Фотографическое изображение формировалось быстро и было очень интенсивным, и, когда его извлекли из спектра и рассматривали при обычном дневном свете, оказалось, что оно окрашено в темные, но недвусмысленные оттенки, имитирующие призматические цвета, которые постепенно менялись от красного через зеленый и синий до пурпурно-черного. После промывки поверхности в воде оттенки стали более четкими, если их выдержать несколько дней в темноте — явление, по наблюдениям сэра Джона, происходящее постоянно, какой бы ни была подготовка бумаги, при условии, что краски вообще получаются. Он также получил цветное изображение на нитрате серебра, часть под синими лучами становилась сине-коричневой, в то время как часть под фиолетовыми имела розоватый оттенок, и иногда зеленый появлялся в точке, соответствующей наименее преломляемому синему. Мистер Хант обнаружил на бумаге, приготовленной с использованием фторида серебра, что желтая линия была нанесена на пространство, занимаемое желтыми лучами, зеленая полоса на пространстве под зелеными лучами, интенсивный синий цвет по всему пространству, на которое падали синие и индиговые

лучи, а под фиолетовыми лучами появился красновато-коричневый; эти цвета оставались чистыми и отчетливыми после двух месяцев хранения. .

Несмотря на большое разнообразие масштабов действия солнечного спектра, принцип затемнения или раскисления, преобладающий в более преломляемой части, редко превосходит или даже достигает среднего желтого луча, который является точкой максимального освещения; обычно он резко обрывается в той точке, которая, по-видимому, образует границу между противоположными силами, преобладающими на двух концах спектра. Отбеливающий или окисляющий эффект красных лучей на почерневший муриат серебра, открытый М. Риттером из Йены, и восстановление теми же лучами обесцвеченной гваяковой смолы ее первоначального оттенка доктором Волластоном, уже упоминались как первые указания на то различие в способе действия химических лучей на двух концах видимого спектра, которое теперь не вызывает сомнений.

Действие, оказываемое менее преломляемыми лучами за пределами красной части солнечного спектра, в большинстве случаев не только не приводит к почернению солей металлов, но и защищает их от действия рассеянного дневного света; но если подготовленная поверхность уже почернела под воздействием солнца, они обладают замечательным свойством в некоторых случаях отбеливать ее, а при других обстоятельствах превращать черную поверхность в огненно-красную.

Сэр Джон Гершель, которому мы обязаны большей частью наших знаний о свойствах химического спектра, подготовил лист бумаги, промыв его соляной кислотой аммиака, а затем нанеся два слоя нитрата серебра; на этой поверхности он получил изображение солнечного спектра, демонстрирующее диапазон цветов, очень близкий к его естественным оттенкам. Но в конце периода наименьшего преломления произошло очень замечательное явление; красные лучи оказали защитное воздействие, которое сохранило бумагу от изменений, которым она в противном случае подверглась бы под раскисляющим воздействием рассеянного света, который всегда окружает солнечный спектр, и это сохранило ее белизну. Сэр Джон встречался с другим примером на бумаге, приготовленной с использованием бромистого серебра, на котором все пространство, занимаемое видимым спектром, было затемнено до самого края красных лучей, но за пределами крайнего красного начиналось окисляющее действие, которое поддерживало белизну бумаги на значительном расстоянии от последней прослеживаемой границы видимых лучей, что определенно свидетельствовало о существовании некоторой химической силы на значительном пространстве за пределами наименее преломляемого конца спектра. Мистер Хант также обнаружил, что на дагерротипную пластинку мощное защитное воздействие оказывает крайний красный цвет. красные лучи. В этих случаях красный и те темные лучи, которые находятся за ними, оказывают действие, противоположное по природе фиолетовому и лавандовому лучам.

Наименее преломляемая часть солнечного спектра обладает также, при определенных обстоятельствах, отбеливающим свойством, благодаря которому соли металлов восстанавливают свою первоначальную белизну после того, как они почернели под воздействием обычного дневного света или наиболее преломляемых лучей солнечного спектра.

Бумага, изготовленная с использованием йодида серебра, при промывке ферроцианидом калия быстро чернеет под воздействием солнечного спектра. Она начинается в фиолетовых лучах и распространяется по всему пространству, занимаемому темными химическими лучами, и по

всему видимому спектру вплоть до экстремально красных лучей. Это изображение цветное, красные лучи придают ему красноватый оттенок, а синие - голубоватый. За короткое время процесс отбеливания начинается под красными лучами и распространяется вверх до зеленого, но пространство, занимаемое ярко-красными лучами, остается совершенно темным. Мистер Хант обнаружил, что аналогичную отбеливающую силу оказывают красные лучи на бумагу, приготовленную с использованием протоцианида калия и золота с добавлением нитрата серебра.

Нанесение умеренно сильного гидриодата калия на затемненную фотобумагу делает ее особенно чувствительной к побелению при дальнейшем воздействии света. Если бумагу, изготовленную с использованием бромистого серебра, промыть ферроцианатом калия под воздействием солнечного спектра, она немедленно потемнеет по всей части, подверженной воздействию видимых лучей, вплоть до конца красного, при этом в области оранжевого и желтого будут заметны небольшие помехи. После этого начинается отбеливающее действие на части, занятой красными лучами, которое распространяется на зеленые. При более длительной выдержке овальное пятно в центре отбеленного пространства снова начинает темнеть; но если бумагу еще раз промыть гидриодатом калия, отбеливающее действие распространяется от зеленого цвета вверх, на область, занимаемую наиболее преломляемыми лучами, и значительно за их пределы, вызывая, таким образом, негативное воздействие в наиболее преломляемой части спектра.

При определенных обстоятельствах красные лучи вместо того, чтобы возвращать потемневшей фотобумаге ее первоначальную белизну, придают ей темно-красный цвет. Когда сэр Джон Гершель получил спектр на бумаге, несколько обесцвеченной воздействием прямых солнечных лучей, вместо белизны образовалась красная кайма, простирающаяся от пространства, занятого оранжевым, и почти закрывающая то, на что падал красный цвет. Когда вместо того, чтобы подвергать бумагу в первом случае воздействию прямых солнечных лучей, она чернела от фиолетовых лучей призматического спектра или от солнечного луча, подвергшегося поглощающему действию раствора аммиачно-сульфатной меди, красные лучи сгущенного спектра придавали ей не белизну, а насыщенный огненно-красный цвет, который занимал все пространство, на которое падал любой из видимых красных лучей; и этот красный цвет оставался неизменным, как бы долго бумага ни подвергалась воздействию наименее преломляемых лучей.

Солнечный свет, проходящий через красное стекло, производит тот же эффект, что и красные лучи спектра в предыдущем эксперименте. Сэр Джон Гершель поместил гравюру поверх бумаги, почерневшей от воздействия солнечных лучей, покрыв всю ее темным красно-коричневым стеклом, которое, как было предварительно установлено, поглощает все лучи, кроме оранжевого: таким образом, была получена фотографическая копия, на которой оттенки были черными, как на оригинальной гравюре; но свет, вместо белого, был красного цвета венозной крови, и никакого другого цвета нельзя было получить при воздействии света, каким бы длительным оно ни было. Сэр Джон установил, что каждая часть спектра, на которую воздействуют более преломляемые лучи, одинаково краснеет или почти краснеет под последующим воздействием менее преломляемых; таким образом, красные лучи обладают весьма замечательным свойством придавать своему собственному цвету черноту, уже запечатленную на фотобумаге.

То, что у более преломляемых лучей есть свойство раскисления, а в менее преломляемой части спектра - окисляющее действие, очевидно из почернения одного и отбеливающего эффекта другого; но особое действие красных лучей в упомянутых экспериментах показывает, что существует какой-то другой принцип, отличный от противоположности действия. Эти противоположные качества уравниваются или нейтрализуются в области среднего желтого луча. Но, хотя таков общий характер фотографического спектра, при определенных обстоятельствах даже красные лучи обладают раскисляющей способностью, в то время как синие и фиолетовые оказывают противоположное влияние; но это редкие исключения.

Фотографическое действие двух частей солнечного спектра настолько различно, что сэр Джон Гершель испытал эффект их совместного действия, наложив менее преломляемую часть спектра на более преломляемую часть с помощью двух призм; и таким образом он обнаружил, что два луча с разной преломляемостью и, следовательно, разной длиной колебаний, действуя одновременно, производят эффект, которого ни один из них, действуя по отдельности, не может произвести.

Некоторые обстоятельства, возникшие во время анализа химического спектра, по-видимому, указывают на поглощающее действие в атмосфере Солнца. Спектральное изображение, отпечатанное на бумаге, подготовленной нитратом серебра и солью Рошель, начиналось на среднем желтом луче нежного свинцового цвета или совсем немного ниже него; и когда действие прекращалось, таков был характер всего фотографического спектра. Но когда свету солнечного спектра было позволено продолжать свое действие, было замечено, что внезапно возникло новое и гораздо более интенсивное впечатление темноты, ограниченное по длине синими и фиолетовыми лучами; и, что наиболее примечательно, ограниченное также по ширине до середины изображения солнца, по крайней мере, настолько, что оставалась прослеживаемой граница свинцового спектра не только вокруг четкой и четко очерченной выпуклости темного внутреннего спектра на менее преломляемом конце, но также и в боковом направлении вдоль обоих его краев; и эта граница была тем легче прослеживаема, чем меньше преломляемый конец, и его менее вероятно перепутать из-за разительного контраста цвета с внутренним спектром: первый - свинцово-серый, второй - чрезвычайно насыщенный глубокий бархатисто-коричневый. Чем менее преломляемый конец этого внутреннего коричневого спектра представлял собой резко обрывающийся и правильно имеющий форму эллипса контур, тем более преломляемым был менее четкий. "Может показаться слишком рискованным, - продолжает сэр Джон, - искать причину этого весьма необычного явления в реальной разнице между химическими свойствами тех лучей, которые исходят из центральной части солнечного диска, и тех, которые, исходя от его границ, подверглись поглощающему действию гораздо большей глубины его атмосферы; и все же, признаюсь, я несколько затрудняюсь, какую другую причину этому приписать. Однако, должно быть достаточно отбросить намек, отметив лишь, что у меня есть другие, и я склонен считать решающими, доказательства существования поглощающей солнечной атмосферы, простирающейся за пределы светящейся." М. Араго заметил, что лучи из центра солнца обладают большей фотографической силой, чем лучи с краев, а фотографические изображения солнца, сделанные М. Ньепсе на стекле, были кроваво-красными, гораздо более глубокими в центре, и в одном случае изображение было окружено ореолом. Несколько обстоятельств сходятся в том, что существуют влияния, также связанные с передачей фотографического эффекта, которые еще не были объяснены, как, например, влияние времени суток на скорость, с которой делаются фотографические оттиски, поскольку солнце гораздо менее эффективно через два часа после прохождения меридиана, чем за два

часа до этого. Есть также основания подозревать, что эффект каким-то образом зависит от широты, поскольку для получения изображения под ярким небом тропиков требуется гораздо больше времени, чем в Англии; и даже вероятно, что существует разница в солнечном свете в высоких и низких широтах, потому что изображение солнечного спектра, полученное на дагерротипной пластинке в Вирджинии доктором Дрейпером, отличалось от спектрального изображения, полученного мистером Хантом на аналогичной пластинке в Англии. Неактивные промежутки, обнаруженные в фотографическом спектре М. Э. Беккерелем, аналогичные промежуткам в световом спектре и совпадающие с ними, также являются феноменом, которому пока не дано объяснения; возможно, химические лучи могут поглощаться атмосферой вместе со световыми. Хотя химическое воздействие распространяется по всему световому спектру и значительно за его пределы в градациях большей или меньшей интенсивности, при тщательном исследовании обнаруживается, что оно ни в коем случае не является непрерывным; его пересекают многочисленные неактивные линии, совпадающие с линиями на световом изображении по всей его протяженности; кроме того, очень большое количество существует в затемненных частях, которые перекрывают видимую часть. Есть три экстраспектральные линии за красным и несколько сильно выраженных групп в затемненной части за фиолетовым; но в целом количество этих неактивных линий, особенно в темных пространствах, настолько велико, что их невозможно сосчитать.

Несмотря на это совпадение неактивных линий двух спектров, фотографическая энергия независима как от света, так и от тепла, поскольку она оказывает наиболее сильное влияние на те лучи, где их меньше всего, а также в пространствах, где ни того, ни другого ощутимо не существует; но пропускание солнечного света через цветные среды делает эту независимость совершенно очевидной. Тепло и свет в изобилии проходят через желтое стекло или раствор хромата калия; но большая часть химических лучей исключается, и газообразный хлор, разбавленный обычным воздухом, хотя и обладает высокой проницаемостью для световых и теплотворных начал, оказывает тот же эффект. Сэр Джон Гершель обнаружил, что небольшая степень желтого лондонского тумана оказывает сходный эффект с эффектом бледно-желтой среды: он также отметил, что слабый раствор азолитмина в поташе, пропускающий большое количество зеленого света, исключает химическое воздействие; а несколько лет назад автор, проводя эксперименты по пропусканию химических лучей, заметил, что зеленое стекло, окрашенное оксидом меди толщиной около 20 дюймов, исключает фотографические лучи; и, поскольку М. Меллони показал, что это вещество непроницаемо для наиболее преломляемых тепловых лучей, оно не пропускает их. обладает свойством полностью исключать наиболее преломляемую часть солнечного спектра, видимую и невидимую. Зеленая слюда, если она не слишком тонкая, также обладает тем же эффектом, в то время как аметистовые, темно-синие и фиолетовые стекла, хотя и пропускают очень мало света, свободно пропускают химические лучи. Таким образом, свет и фотографическую энергию можно рассматривать как отдельные части солнечного луча, и оба они, распространяясь за счет колебаний эфирной среды, являются просто движением. Профессором Секки в Риме были получены превосходные изображения Луны в ее различных фазах; при свете свечей химических лучей почти не хватает. Неизвестно, насколько сильно они могут влиять на кристаллизацию и другие молекулярные структуры, но их сила универсальна везде, куда попадает солнечный луч, хотя их эффект становится очевидным только в случаях нестабильного молекулярного равновесия.

Знание о солнечных лучах приобретает не только зрением: осязание доказывает, что они обладают способностью повышать температуру веществ, подвергающихся их воздействию. Сэр

Уильям Гершель обнаружил, что лучи, вызывающие ощущение тепла, существуют в солнечном спектре независимо от лучей света; когда он использовал призму из кремнистого стекла, он обнаружил, что теплых лучей больше всего в темном пространстве немного за красным концом спектра, что оттуда они уменьшаются к фиолетовому, за пределами которого они нечувствительны. Следовательно, можно сделать вывод, что тепловые лучи различаются по преломляемости и что те, что находятся за пределами крайнего красного, менее преломляемы, чем любые лучи света. Со времен сэра Уильяма Гершеля было обнаружено, что тепловой спектр превосходит световой по длине в соотношении 42 к 25, но самым необычным явлением является отсутствие непрерывности. Сэр Джон Гершель зачернил нижнюю сторону листа очень тонкой белой бумаги дымом от лампы и, выставив белую сторону солнечному спектру, провел по ней кистью, смоченной в винном спирте, отчего бумага при достаточном насыщении приобрела черный оттенок. Тепло в спектре сначала испаряло спирт на тех участках бумаги, где он падал с наибольшей интенсивностью, тем самым восстанавливая их белый цвет, и таким образом он обнаружил, что тепло равномерно и постепенно увеличивается по всему световому спектру, и что оно достигает максимума и образует пятно на значительном расстоянии от крайней красной области. Затем оно уменьшается, но, снова увеличиваясь, образует второе максимальное пятно, после чего на коротком промежутке совсем прекращается, но снова возобновляется и образует еще два изолированных пятна, и даже пятое можно проследить на небольшом расстоянии от последнего. Эти обстоятельства, вероятно, обусловлены поглощающим действием атмосфер Солнца и Земли. “Эффект первого, - говорит сэр Джон, - находится вне нашего контроля, если только мы не сможем довести наши эксперименты до такой степени тонкости, чтобы воздействовать отдельно на лучи, исходящие из центра и границ солнечного диска; эффект земного излучения, хотя он не может быть устранен в большей степени, чем в случае солнечного излучения, все же может быть значительно изменен экспериментами, проводимыми на больших высотах, под вертикальным солнцем и по сравнению с другими, где солнце находится под большим наклоном, положение ниже, а атмосферное давление временно высокое. Если будет установлено, что эта причина на самом деле связана с образованием пятен, у нас появятся основания полагать, что значительная часть солнечного тепла никогда не достигает поверхности земли и что то, что падает на вершины высоких гор, отличается не только по количеству, но и по качеству от того, что получают равнины”.

Замечательное свойство фосфоресцирования было обнаружено М. Э. Беккерелем в солнечном спектре. Две светящиеся полосы, разделенные темной, возбуждаются солнечным спектром на бумаге, покрытой раствором гуммиарабика и посыпанной порошкообразным сульфатом кальция или кантонского фосфора. Одна из светящихся полос занимает пространство под наименее преломляемыми фиолетовыми лучами, а другая - за пределами лавандовых лучей, так что темная полоса находится под крайними фиолетовыми и лавандовыми лучами. Когда действие света продолжается, вся поверхность за пределами наименее преломляемого фиолетового сияет, светящиеся полосы, о которых уже говорилось, самые яркие; но все пространство от наименее преломляемого фиолетового до ярко-красного остается темным. Если поверхность, подготовленную сернистым кальцием или болонской косточкой, на короткое время подвергнуть воздействию солнечного света, она становится светящейся повсюду; но когда в этом состоянии на нее попадает солнечный спектр, вся она остается светящейся, за исключением части от наименее преломляемого фиолетового до ярко-красного, на которой свет гаснет; и когда температура поверхности повышается с помощью лампы, яркие части становятся более светящимися, а темные остаются темными. Стекло, окрашенное

протооксидом меди, которое пропускает только красные и оранжевые лучи, оказывает тот же эффект на менее преломляемую часть спектра; следовательно, не может быть сомнений в том, что наиболее преломляемые и затемненные лучи спектра вызывают фосфоресценцию, в то время как все менее преломляемые лучи света и тепла гасят ее.

Бумага, изготовленная с использованием сернистого бария, в солнечном спектре показывает только одно пространство с максимальной интенсивностью света, а разрушающие лучи такие же, как у сернистого кальция. Таким образом, темные лучи за пределами ярко-фиолетового цвета производят свет, в то время как светящиеся лучи гасят его.

Фосфорный спектр имеет неактивные линии, которые совпадают с линиями в световом и химическом спектрах, по крайней мере, насколько он простирается; но для того, чтобы спектр был виден, его необходимо в течение нескольких секунд рассматривать на подготовленной поверхности через отверстие в темной комнате, затем отверстие должно быть закрыто, а температура поверхности повышена на двести-триста градусов; тогда фосфоресцирующие части ярко сияют, а темные линии кажутся черными. Поскольку участки с одинаковой преломляемостью в разных спектрах пересекаются одинаковыми темными линиями, лучи с одинаковой преломляемостью, вероятно, поглощаются в одно и то же время разными средами, через которые они проходят.

Из экспериментов М. Беккереля и Био следует, что электрические возмущения вызывают эти фосфоресцирующие эффекты. Таким образом, существует таинственная связь между наиболее преломляемыми лучами и электричеством, которую подтверждают эксперименты М. Э. Беккереля, показывающие, что электричество вырабатывается при химическом воздействии фиолетовых лучей, что оно слабо вырабатывается синим и индиго, но что ни одно из них не возбуждается менее преломляемой частью спектра.

Серия экспериментов сэра Джона Гершеля выявила новый набор неясных лучей в солнечном спектре, которые, по-видимому, имеют такое же отношение к тепловым лучам, какое фотографические или химические лучи имеют к световым. Они расположены в той части спектра, которая занята менее преломляемыми видимыми цветами, и были названы их первооткрывателем Паратермическими лучами. Следует помнить, что область наибольшего нагрева в солнечном спектре находится в темном пространстве за пределами видимого красного цвета. Сэр Джон Гершель обнаружил, что в экспериментах с раствором гваяковой смолы в соде, которая придает бумаге зеленый цвет, зеленые, желтые, оранжевые и красные лучи спектра неизменно выделяли цвет, в то время как экстраспектральные тепловые лучи не оказывали никакого эффекта, который должен был бы иметь наибольший эффект, если бы причиной явления было тепло. Когда водный раствор хлора поливали листом бумаги, приготовленным из гваяковой смолы, растворенной в соде, ему придавался цвет, варьирующийся от глубокого, несколько зеленоватого оттенка до прекрасного небесно-голубого; и когда солнечный спектр падал на бумагу во влажном состоянии, цвет рассеивался по всему пространству под менее преломляемыми световыми лучами, в то же время более удаленные термические лучи за пределами спектра испаряли влагу из пространства, на которое они падали; так что тепловые пятна становились заметными. Но пятна исчезали по мере высыхания бумаги, оставляя поверхность неизменной; в то время как фотографический отпечаток в видимом спектре увеличивался по интенсивности; несветящиеся термические лучи, хотя и были явно активны *в отношении нагрева*, все же были неспособны произвести то

специфическое химическое изменение, которое постоянно производили другие лучи с гораздо меньшей нагревательной способностью. Сэр Джон установил, что искусственное нагревание от 180 ° до 280 ° по Фаренгейту меняет зеленый оттенок гваяковой камеди на ее первоначальный желтый при увлажнении, но что это не оказывает никакого эффекта при высыхании, поэтому он попробовал, не может ли тепло от горячего утюга, приложенного к обратной стороне бумаги, используемой в последнем упомянутом эксперименте, находясь под влиянием солнечного спектра, способствовать действию тепловых лучей; но вместо этого это значительно ускорило изменение цвета в местах, занятых менее преломляемыми лучами, но не оказало никакого влияния на дополнительную яркость. -спектральная область максимального нагрева. Неясное земное тепло, следовательно, способно оказывать помощь в осуществлении этого своеобразного изменения теми лучами спектра, светящимися или термическими, которые занимают его красную, желтую и зеленую области; в то время как, с другой стороны, оно не получает такой помощи от чисто термических лучей за пределами спектра, действующих при аналогичных обстоятельствах и в таком же состоянии конденсации.

Выводы, сделанные на основе этих экспериментов, подтверждаются следующим: фотографический снимок, сделанный на бумаге, приготовленной из смеси растворов аммиака-цитрата железа и ферросесквицианида калия в равных частях, затем брошенной в воду и впоследствии высушенной, будет синим и негативным, то есть свет и тени будут противоположны тем, которые есть в природе. Если в таком состоянии бумагу промыть раствором протонитрата ртути, рисунок распадется; но если его хорошо вымыть и высушить, а затем провести по нему горячим утюжком для разглаживания, рисунок мгновенно появится снова, но уже не синий, а коричневый; если поддержать несколько недель в таком состоянии в полной темноте между листами портфеля, он поблекнет и почти полностью исчезнет, но новое воздействие тепла вернет ему полную первоначальную яркость. Это любопытное изменение не является результатом воздействия света, по крайней мере, не только света. Должна быть достигнута определенная температура, и этого достаточно в полной темноте; однако при воздействии очень концентрированного спектра на полоску бумаги, использованной в последнем эксперименте, после того, как однородный синий цвет исчезнет и останется белая основа, эта белизна изменится на коричневую во всей области красных и оранжевых лучей, *но не за пределами* светового спектра.

Отсюда сэр Джон делает вывод: —1. Что именно тепло этих лучей, а не их свет, вызывает изменение; 2. следовательно. Что это тепло обладает особым химическим свойством, которым не обладают чисто тепловые лучи за пределами видимого спектра, хотя и гораздо более интенсивные; и, наконец. Что тепло, излучаемое плохо нагретым железом, особенно изобилует лучами, аналогичными лучам из указанной выше области спектра.

Можно отметить еще один пример этих сингулярных преобразований. Изображения, сделанные на цианотипной бумаге, ставшей более чувствительной за счет добавления агрессивного сублимата, являются синими на белом фоне и позитивными, то есть свет и тени такие же, как в природе, но при нагревании цвет меняется с синего на коричневый, с позитивного на негативный; даже при хранении в темноте восстанавливается синий цвет, а также *положительный характер*. Сэр Джон приписывает это, как и в первом случае, определенным лучам, которые, рассматриваемые как лучи тепла или света или как лучи некоторого влияния, *sui generis* сопровождающие красные и оранжевые лучи спектра, также обильно испускаются телами, нагретыми до красноты. Он считает вероятным, что эти невидимые паратермические

лучи являются лучами, которые передаются от молекулы к молекуле внутри тел, что они определяют выделение растительных красок при температуре кипения, а также бесчисленные атомные превращения органических тел, которые происходят при температуре ниже красноты, что они отличаются от превращений при чистом нагревании и что они в достаточной степени идентифицируются по этим признакам, чтобы стать законными объектами научного обсуждения.

Тепловые и паратермические лучи, по-видимому, тесно связаны с открытиями господ Дрейпера и Мозера. Дрейпер и Мозер. Дагерр показал, что действие света на иодид серебра делает его способным конденсировать пары ртути, которые прилипают к частям, на которые он воздействует. Профессор Мозер из Кенигсберга доказал, что тот же эффект достигается простым соприкосновением тел и даже их очень близким соседством, причем как в полной темноте, так и при свете. Об этом открытии он объявил следующими словами: “Если к поверхности в каких-либо конкретных частях прикасалось какое-либо тело, она приобретает свойство осаждать все пары, и они прилипают к ней или химически соединяются с ней в этих местах иначе, чем на нетронутых частях”. Если мы напишем на стеклянной пластинке или любой другой гладкой поверхности промокательной бумагой, кистью или чем-либо еще, а затем очистим ее, символы всегда появятся снова, если подышать на пластинку или поверхность, и тот же эффект может быть произведен даже на поверхности ртути; при этом абсолютный контакт не требуется. Если сито, вырезанное с рисунком, подержать над полированной металлической поверхностью на небольшом расстоянии и подышать на него целиком, то после того, как пары испарятся так, чтобы на поверхности не осталось следов, рисунок проявится при повторном подышании.

Профессор Мозер доказал, что тела оказывают очень сильное влияние друг на друга, помещая монеты, ограненные камни, кусочки рога и другие вещества на короткое время на теплую металлическую пластинку: когда вещество удаляли, на пластинке не появлялось отпечатков до тех пор, пока на нее не подышали или не подвергли воздействию паров ртути, а затем эти пары прилипали только к тем частям, куда было помещено вещество, создавая отчетливые изображения, которые в некоторых случаях оставались постоянными после удаления паров. Аналогичные отпечатки были получены на стекле и других веществах, даже когда тела не соприкасались, и результаты были одинаковыми независимо от того, проводились ли эксперименты при свете или в темноте.

Мистер Гроув обнаружил, что когда пластины цинка и меди были близко расположены, но не соприкасались, а затем внезапно разделились, одна была положительно, а другая отрицательно наэлектризована; отсюда он сделал вывод, что промежуточная среда либо поляризована, либо что излучение, аналогичное, если не идентичное, тому, которое создает изображения Мозера, передается от пластины к пластине.

Мистер Хант показал, что многие из этих явлений зависят от разницы температур и что для получения хороших оттисков необходимо использовать разнородные металлы. Например, золотые, серебряные, бронзовые и медные монеты клали на медную пластину, слишком горячую, чтобы к ней можно было прикоснуться, и оставляли там до тех пор, пока пластина не остынет: все монеты производили впечатление, отчетливость и интенсивность которого соответствовали порядку названных металлов. Когда пластинка подвергалась воздействию паров ртути, результат был тот же, но когда пары были стерты, на золотых и серебряных монетах

остались только постоянные изображения на меди. Эти оттиски часто безупречны в деталях, независимо от того, находятся ли монеты в реальном контакте с пластиной или на одну восьмую дюйма над ней. Масса металла оказывает существенное влияние на результат; большая медная монета производит лучший оттиск на медной пластине, чем маленькая серебряная монета. Когда монеты из разных металлов кладут на одну тарелку, они мешают друг другу.

Когда вместо нагрева медную пластину охлаждали замораживающей смесью и на нее накладывали плохие проводники тепла в виде дерева, бумаги, стекла и т. Д., Результат был аналогичным.

Мистер Хант, заметив, что черное вещество оставляет более сильный отпечаток на металлической поверхности, чем белое, применил это свойство к искусству копирования гравюр, ксилографии, письма и типографии на меди, смешанной с одной поверхностью и тщательно отполированной, просто гладко поместив копируемый объект на металл и плотно прижав его стеклянной пластинкой: через несколько часов пластинку подвергают воздействию паров ртути, а затем йода, когда на сером фоне появляется черный и точный отпечаток объекта. Эффекты, аналогичные тем, которые приписываются теплу, также могут быть вызваны электричеством. Мистер Карстен, поместив стеклянную пластину на металлическую, а на стеклянную пластину медаль, подвергнутую воздействию электрических разрядов, обнаружил, что на стекле отпечатано точное изображение медали, которое может быть подтверждено ртутью или йодом; и, когда между медалью и металлической пластиной было помещено несколько стеклянных пластин, каждая стеклянная пластина получила изображение на своей верхней поверхности после прохождения электрических разрядов. Эти разряды обладают замечательной способностью восстанавливать отпечатки, которые долгое время были стерты с пластин при полировке, — доказательство того, что нарушения, от которых зависят эти явления, не ограничиваются поверхностью металлов, но что произошли очень решительные молекулярные изменения на значительной глубине. Эксперименты мистера Ханта доказывают, что электроотрицательные металлы создают наиболее четкие изображения на электроотрицательных пластинах, и *наоборот*. М. Маттеуччи показал, что электрический разряд не оказывает видимого воздействия на полированную серебряную пластину, но вызывает изменение, которое делает ее способной к конденсации пара.

Оттиск гравюры производился путем помещения ее лицевой стороной вниз на йодированную серебряную пластину и помещения на нее пластины из амальгамированной меди; ее оставляли в темноте на пятнадцать часов, в течение которых на амальгамированной пластине *через бумагу был сделан оттиск гравюры*.

Пластинку из йодированного серебра помещали в темноте с положенным на нее мотком бечевки, а над ней на одну восьмую дюйма подвешивали полированную серебряную пластинку: через четыре часа они подвергались воздействию паров ртути, которые равномерно осаждались на йодированной пластинке, но на серебряной было четкое изображение бечевки, так что это изображение формировалось в темноте и даже без контакта. Монеты или другие предметы оставляют свои отпечатки таким же образом с идеальной четкостью и аккуратностью, когда их извлекают паром бесконтактно, в темноте и на простых металлах.

Материалы красного и оранжевого цветов, дымчатое стекло и все предметы, которые свободно пропускают или поглощают горячие лучи, оставляют сильные отпечатки на медной пластине, независимо от того, соприкасаются ли они с ней или находятся на высоте одной восьмой дюйма

над ней. В этом, должно быть, замешано тепло, поскольку солнечный спектр, сконцентрированный линзой, отбрасывался на полированную медную пластину и удерживался на том же месте гелиостатом в течение двух или трех часов: при воздействии паров ртути пленка паров покрывала пластину, на которую падал рассеянный свет, который всегда сопровождает солнечный спектр. На темном пространстве, занимаемом максимальной нагревательной способностью сэра Уильяма Гершеля, а также на большом тепловом пятне в термическом спектре сэра Джона Гершеля конденсация ртути была настолько плотной, что на пластинке выделялось отчетливое белое пятно, в то время как на всем пространстве, которое находилось под видимым спектром, количество паров было намного меньше, чем то, которое покрывало другие части, что является отчетливым свидетельством негативного эффекта в световом спектре и мощности горячих лучей, которая не всегда ограничивается поверхностью металла, поскольку во многих случаях отпечатки проникали до поверхности металла. значительная глубина под ним и, следовательно, были постоянными.

Некоторые из этих необычных эффектов, по-видимому, обусловлены взаимным действием молекул, находящихся в контакте, находясь в различном состоянии, будь то электричество или температура: другие ясно указывают на какое-то неизвестное влияние, оказываемое между поверхностями на расстоянии и влияющее на их молекулярную структуру: возможно, это могут быть паратермические лучи, которые оказывают особое химическое действие даже в полной темноте. В последнем эксперименте эффект, несомненно, был произведен положительной частью одного из тех замечательных противоположных принципов, которые характеризуют солнечный спектр.

Таким образом, оказывается, что призма разлагает чистый белый солнечный луч на три наложенных друг на друга спектра, каждый из которых отличается по преломляемости и интенсивности по всей своей длине; видимая часть перекрывается с одного конца химическими или фотографическими лучами, а с другого - термическими, но два последних настолько превышают видимую часть, что линейные размеры трех — светового, термического и фотографического — пропорциональны числам 25, $42 \cdot 10$ и $55 \cdot 10$, так что весь солнечный спектр вдвое длиннее его видимой части. Эти две конечности обладают решительной антагонистической энергией. Наименее преломляемые световые лучи нейтрализуют действие фотографических лучей, в то время как последние производят фосфоресцирующий свет, который гасится наименее преломляемыми световыми лучами. Согласно эксперименту мистера Ханта, горячие лучи конденсируют пары ртути на полированной металлической пластине, в то время как светящиеся лучи предотвращают их образование. Электричество возбуждается химическими лучами, в то время как паратермические находятся только в менее преломляемых лучах. Каждый из спектров пересекают цветные и лишённые лучей линии, характерные для него самого, и они пересекаются под прямым углом бесчисленными темными линиями различной ширины, образуя в целом невыразимо чудесное и великолепное творение.

Расположение немного варьируется в зависимости от материала призмы и способа получения спектра, как в том случае, когда профессор Дрейпер получил спектр дифрагированного света. Он был сформирован лучом, дифрагировавшим при прохождении через сетку из тонкой проволоки, или отражением от полированной поверхности стали, на которой были нарисованы тонкие параллельные линии. Этот дифрагированный спектр разделен на две равные части в центре желтого; и, как и в призматическом спектре, одна половина противоположна другой половине, красный или отрицательный конец сводит на нет то, что сделал положительный или

фиолетовый конец. Центр желтого цвета - самая горячая часть, и тепло уменьшается к обоим концам. Предполагается, что в этом спектре существует линия холода, соответствующая темной линии Фраунгофера Н.

Колебания эфирной среды, образующей солнечный луч, должны быть бесконечно разнообразными, каждое воздействие имеет вибрацию, присущую ему самому. Частицы света, безусловно, расположены поперек направления луча; в то время как профессор Дрейпер считает, что частицы тепла находятся в норме, то есть в направлении луча, как и частицы звука. Существует сомнение в том, перпендикулярны ли колебания поляризованного света плоскости поляризации или находятся в этой плоскости. Профессор Стоукс из Кембриджа пришел к выводу, как на основании дифрагированного спектра, так и теории, что они перпендикулярны плоскости поляризации, но М. Хольцман придерживается мнения, что они находятся в этой плоскости, поэтому этот вопрос все еще открыт для обсуждения.

РАЗДЕЛ XXV.

Размер и строение Солнца—Солнечные пятна—Интенсивность солнечного света и тепла—Атмосфера Солнца—Его влияние на Планеты—Атмосферы планет—У Луны их нет—Лунное тепло—Дифференциальный телескоп—Температура космоса—Внутреннее тепло Земли—Зона постоянной температуры—Увеличение тепла с глубиной—Центральное тепло—Вулканическая деятельность—Количество тепла, получаемого от Солнца—Изогеотермические линии—Линия постоянного замерзания—Климатические—Изотермические линии—Такое же количество тепла, ежегодно получаемое и излучаемое Землей.

Солнце представляет собой шар диаметром 880 000 миль: каким может быть его тело, предположить невозможно, но оно представляется темной массой, окруженной обширной атмосферой, на определенной высоте в которой находится слой светящихся облаков, составляющих фотосферу солнца. Над ним возвышается истинная солнечная атмосфера, видимая в виде ореола или короны во время кольцевых и полных затмений и, вероятно, являющаяся причиной странных явлений на уже упомянутом фотографическом изображении солнца. Через случайные отверстия в фотосфере или пятнистый океан пламени темные ядра кажутся черными пятнами, часто огромных размеров. Эти пятна почти всегда находятся в пределах зоны поверхности Солнца, ширина которой, измеренная на солнечном меридиане, не превышает $30\frac{1}{2}^{\circ}$ с каждой стороны от экватора, хотя они были замечены на расстоянии $39\frac{1}{2}^{\circ}$. Темная центральная часть пятен окружена чередой неясных облачных оболочек, увеличивающихся по яркости до полутени, иногда бывает три или более оттенков, но требуется хороший телескоп, чтобы различить промежуточные. Пятна постепенно увеличиваются в размере и количестве из года в год до максимума, а затем так же постепенно уменьшаются до минимума, совершая регулярные изменения в периоды продолжительностью около одиннадцати лет, и особым образом связаны с циклами земного магнетизма. Судя по их обширным и быстрым изменениям, есть все основания полагать, что внешняя и раскаленная добела часть солнца является газообразной.

Возникли сомнения относительно равномерности количества тепла, излучаемого солнцем. Сэр Уильям Гершель был первым, кто заподозрил, что на это влияет количество и величина пятен на его поверхности; профессор Секки заметил, что пятна менее горячие, чем светящаяся часть; и теперь профессор Вольф обнаружил, что количество тепла, излучаемого солнцем, периодически меняется в зависимости от пятен каждые $11 \cdot 11$ лет, или почти девять раз за столетие, начиная с начала нынешнего. Он обнаружил подпериод в пятнах, который, без сомнения, влияет на количество солнечного тепла. Таким образом, необъяснимые колебания температуры в разные годы, в конечном счете, могут оказаться зависящими от строения самого солнца.

Интенсивность солнечного света уменьшается от центра к окружности солнечного диска. Было подсчитано, что его прямой свет равен свету 5563 восковых свечей среднего размера, установленных на расстоянии одного фута от объекта; свет луны, вероятно, равен свету только одной свечи на расстоянии 12 футов: следовательно, свет солнца более чем в триста тысяч раз больше света луны. Согласно экспериментам профессора Секки в Риме, тепло солнечного изображения в центре почти вдвое больше, чем по краям. Однако максимальная температура наблюдается не в центре, а на солнечном экваторе, и пятна менее горячие, чем остальная поверхность.

Океаны света и тепла, вероятно, возникающие в результате электрических или химических процессов огромной энергии, которые постоянно происходят на поверхности Солнца ([N. 217](#)), волнообразно передаются эфирной средой во всех направлениях; но, несмотря на величину солнца и непостижимую интенсивность света и тепла, которые должны существовать на его поверхности, поскольку интенсивность того и другого уменьшается с увеличением квадрата расстояния, его благотворное влияние едва ли можно ощутить на границах нашей системы. На Уране солнце должно рассматриваться как маленькая блестящая звезда, не превышающая сто пятидесятой доли яркости, какой оно кажется нам, но оно в 2000 раз ярче нашей луны, так что для Урана оно действительно солнце и может излучать некоторую степень тепла. Но если мы примем во внимание, что вода не оставалась бы текучей ни в одной части Марса, даже на его экваторе, и что в умеренных зонах той же планеты замерзли бы даже спирт и ртуть, мы можем составить некоторое представление о холоде, который должен царить на Уране и Нептуне. Климат Венеры больше напоминает земной, хотя, за исключением ее полюсов, слишком жаркий для животной и растительной жизни, такой, какая существует здесь, поскольку она получает в семь раз больше света и тепла, чем земля; но на Меркурии среднее тепло от интенсивности солнечных лучей должно быть выше, чем у кипящей ртути, и вода будет кипеть даже на его полюсах. Таким образом, планеты, хотя и родственны земле по движению и форме, согласно нашему опыту, совершенно непригодны для обитания такого существа, как человек, если, конечно, их температура не должна быть изменена в силу обстоятельств, о которых мы не знаем, и которые могут увеличивать или уменьшать ощущаемое тепло, чтобы сделать их пригодными для обитания. В нашем полном невежестве можно заметить, что земля, если ее вообще можно увидеть с Нептуна, может быть лишь крошечным объектом в телескоп; что от ближайшей неподвижной звезды солнце должно уменьшиться до простой световой точки; что вся солнечная система была бы там скрыта паутиной; и что звездный свод сам по себе является лишь первым рядом звездных систем, количество которых ограничено только несовершенством наших проникающих в пространство инструментов. В этом ошеломляющем величии творения кажется опрометчивым утверждать, что только земля населена разумными существами, и таким образом ограничивать Всемогущего, который ничего не создавал напрасно.

Некоторые планеты имеют обширные и плотные атмосферы: по словам Шретера, высота атмосферы Цереры составляет более 668 миль, а высота атмосферы Паллады - 465 миль, но вокруг Весты не видно и следа атмосферы. Притяжение земли, вероятно, лишило Луну ее притяжения, поскольку преломляющая способность воздуха на поверхности земли по меньшей мере в тысячу раз больше, чем на поверхности Луны: следовательно, лунная атмосфера должна быть более разреженной, чем может быть получена нашими лучшими воздушными насосами. Это подтверждается наблюдениями Араго во время солнечного затмения, когда не было видно никаких следов лунной атмосферы. Однако с тех пор в лунных долинах были замечены некоторые признаки присутствия воздуха. Делая фотографические снимки Луны и Юпитера в Риме, профессор Секки обнаружил, что свет полной луны соотносится со светом четверти луны как 3 к 1. Юпитер дает фотографическое изображение, такое же яркое и энергичное, как самая яркая часть Луны; но хотя свет Юпитера меньше, чем у Луны, он почти в пять раз дальше от солнца; и поскольку свет уменьшается с увеличением квадрата расстояния, свет Юпитера пропорционально больше, чем у Луны, следовательно, атмосфера Юпитера отражает больше света, чем темная вулканическая почва Луны; таким образом, профессор Секки отмечает, что фотография может со временем выявить качество материалов, из которых сформированы небесные тела.

Влияние земной атмосферы на лунное тепло поразительно. Профессор Форбс доказал, что прямой свет полной луны не способен поднять термометр на одну трехтысячную градуса по Цельсию, по крайней мере в Англии; но на высоте 8870 футов на пике Тенерифе мистер Пиацци Смит обнаружил очень ощутимое тепло от Луны, хотя она находилась тогда на 19 ° южнее экватора; так что оно, без сомнения, поглощается нашей атмосферой на более низких уровнях.

Некоторые чрезвычайно интересные эксперименты можно было бы провести с помощью телескопа, имеющего призму, прикрепленную к его объективному концу, и снабженного микрометром, потому что с его помощью можно было бы с предельной точностью определять разницу в освещенности объектов — как, например, сравнительную интенсивность между светлой и темной частями луны, сравнительную интенсивность солнечного света, отраженного луной, и люмьер сендре, или света Земли, отраженного от луны, на основании чего можно было бы провести сравнение между светом солнца и светом Земли. Следовательно, также можно было бы узнать, являются ли земные полушария, последовательно видимые с Луны, более или менее светящимися, в зависимости от того, содержат ли они больше суши или воды, и в то же время можно было бы оценить более или менее облачное или прозрачное состояние нашей атмосферы, так что со временем мы могли бы в конечном итоге найти в центре Луны данные о средней прозрачности различных земных полушарий с разной температурой.

Опытным путем установлено, что тепло вырабатывается в непрозрачных и полупрозрачных веществах за счет поглощения ими солнечного света, но что солнечные лучи не оказывают заметного изменения температуры совершенно прозрачных тел, через которые они проходят. Поскольку прохождение солнечного света и тепла может лишь незначительно повлиять на температуру прозрачного планетарного пространства, то и тепло, излучаемое сейчас землей, не может ощутимо повысить ее.

Несомненно, излучение всех тел во Вселенной поддерживает эфирную среду при более высокой температуре, чем она имела бы в противном случае, и в конечном итоге должно

повысить ее, но на величину настолько мимолетную, что едва ли возможно представить время, когда изменение станет ощутимым.

Поскольку температура космического пространства столь низка, как -239° по Фаренгейту, становится немаловажным вопросом выяснить, не может ли радиация в конечном итоге снизить температуру земли до температуры окружающей среды; каковы источники тепла; и будут ли они достаточными для компенсации потерь и поддержания земли в состоянии, пригодном для поддержания животной и растительной жизни в будущем. Все наблюдения, которые были сделаны под поверхностью земли, сходятся в доказательстве того, что на глубине от 40 до 100 футов по всей земле существует слой, температура которого неизменна во все времена года и который лишь незначительно отличается от среднегодовой температуры в вышележащей стране. По словам М. Буссингоу, этот слой на экваторе находится на глубине немногим более фута в местах, защищенных от прямых лучей солнца; но в нашем климате он находится на гораздо большей глубине. В течение более чем полувека температура земли на глубине 90 футов, в подвалах Парижской обсерватории, никогда не была выше или ниже 53° по Фаренгейту на термометре, что всего на 2° выше среднегодовой температуры в Париже. Эта зона, не подверженная воздействию солнечных лучей сверху или внутреннего тепла снизу, служит источником, откуда оценивается воздействие внешнего тепла, с одной стороны, и внутренняя температура земного шара - с другой.

Еще в 1740 году М. Гензанн обнаружил на свинцовых рудниках Жироманьи, в горах Вогеzy, в трех лье от Бефора, что нагрев грунта увеличивается с глубиной ниже зоны постоянной температуры. Огромное количество наблюдений было сделано с тех пор в шахтах Европы и Америки М. Соссюром, Добюиссоном, Гумбольдтом, Кордье, Фоксом, Райхом и другими, которые без исключения сходятся в доказательстве того, что температура земли становится выше при спуске к ее центру. Наибольшая глубина, которая была достигнута, находится на серебряном руднике Гуанаксато в Мексике, где М. де Гумбольдт обнаружил температуру 98° на глубине 285 морских саженей, тогда как средняя годовая температура в стране составляет всего 61° . Рядом с этим находится медный рудник Далкоут в Корнуолле, где термометр мистера Фокса показывал 68° в отверстии в скале на глубине 230 морских саженей и 82° в воде на глубине 240 морских саженей, при этом среднегодовая температура на поверхности составляла около 50° . Но нет необходимости множить примеры, все из которых сходятся в том, что существует очень большая разница между температурой внутри земли и на ее поверхности. Наблюдения мистера Фокса о температуре источников, которые поднимаются на больших глубинах в шахтах, дают самое убедительное свидетельство. Он обнаружил значительные потоки, впадающие в некоторые из шахт Корнуолла при температуре 80° или 90° , что примерно на 30° или 40° выше температуры поверхности, а также установил, что со дна шахты Польдис, глубина которой составляет 176 морских саженей при 90° или 100° , ежедневно откачивается около 2 000 000 галлонов воды. Поскольку это выше, чем тепло человеческого тела, м-р Фокс справедливо замечает, что это является доказательством того, что повышенная температура не может исходить от лиц рабочих, занятых в шахтах. Нельзя также приписать тепло в шахтах конденсации потоков воздуха, которые их проветривают. Мистер Фокс, чье мнение является большим авторитетом в этих вопросах, утверждает, что даже в самых глубоких шахтах конденсация воздуха не повысила бы температуру более чем на 5° или 6° ; и что, если бы жару можно было объяснить этой причиной, времена года ощутимо влияли бы на температуру в шахтах, чего, по-видимому, нет там, где глубина велика. Кроме того, шахты Корнуолла обычно вентилируются многочисленными шахтами, выходящими в галереи с поверхности или с более

высокого уровня. Воздух в них свободно циркулирует, опускаясь в одних шахтах и поднимаясь в других. Во всех случаях мистер Фокс обнаружил, что восходящие течения имеют более высокую температуру, чем нисходящие; настолько, что зимой влага в последних часто замерзает на значительную глубину; следовательно, циркуляция воздуха имеет тенденцию охлаждать шахту, а не увеличивать нагрев. М-р Фокс также устранил возражения, возникающие из-за сравнительно низкой температуры воды в стволах заброшенных шахт, показав, что наблюдения в них, исходя из множества обстоятельств, которые он перечисляет, слишком противоречивы, чтобы дать какой-либо вывод относительно действительной температуры земли. Высокую температуру в шахтах можно было бы объяснить воздействием огня, свечей и пороха, используемых шахтерами, если бы аналогичное повышение не наблюдалось в глубоких колодцах и при бурении на большие глубины в поисках воды, где не возникает подобных причин возмущения. В колодце, вырытом с целью поиска соли в кантоне Берн и долгое время заброшенном, г-н де Соссюр получил наиболее полное свидетельство усиливающейся жары. То же самое подтверждается температурой многих скважин, как во Франции, так и в Англии, особенно артезианских, названных так из-за своеобразного метода подъема воды, впервые примененного в Артуа и с тех пор ставшего очень распространенным. Артезианский колодец состоит из ствола диаметром в несколько дюймов, пробуравленного в земле до тех пор, пока не будет найден родник. Чтобы предотвратить унос воды соседними слоями, опускается труба, которая точно заполняет отверстие сверху донизу, по которой чистая вода поднимается на поверхность. Очевидно, что вода не могла подняться, если только она предварительно не спустилась с возвышенности через недра земли на дно колодца. Она зависит от температуры пластов, через которые проходит, и в каждом случае была выше пропорционально глубине скважины; но очевидно, что закон возрастания не может быть получен таким образом. Возможно, наиболее удовлетворительными из известных экспериментов являются эксперименты, проведенные М. Огюст де ла Рив и Ф. Марсе в течение 1833 года в скважине для воды примерно в лиге от Женевы, в месте, расположенном на высоте 318 футов над уровнем озера. Глубина скважины составляла 727 футов, а диаметр - всего от четырех до пяти дюймов. Родник так и не был найден; но шахта была заполнена грязью из-за того, что влажность грунта смешивалась с землей, вытесненной при бурении, что было особенно благоприятно для экспериментов, поскольку температуру на каждой глубине можно считать равной температуре конкретного пласта. В этом случае, когда не могло существовать ни одной из обычных причин возмущения и когда ученые и опытные наблюдатели принимали все меры предосторожности, было обнаружено, что температура регулярно и равномерно повышалась с глубиной со скоростью примерно 1 градус по Фаренгейту на каждые 52 фута. Профессор Райх из Фрейберга обнаружил, что среднее значение большого числа наблюдений как в шахтах, так и в колодцах составляет 1 градус по Фаренгейту на каждые 55 футов глубины; а из наблюдений М. Араго в артезианской скважине Гренель в Париже следует, что увеличение составляет 1 градус по Фаренгейту на каждые 45 футов. Хотя не может быть никаких сомнений относительно повышения температуры при проникновении в земную кору, все еще существует большая неопределенность относительно закона повышения, который меняется в зависимости от характера почвы и других местных условий; но в среднем она была оценена в 1 ° на каждые 50 или 60 футов, что соответствует наблюдениям М. Марсета и Де ла Рива. Вследствие быстрого увеличения внутреннего тепла термальные источники или такие, которые не зависят от вулканической деятельности и поднимаются с большой глубины, обязательно должны быть очень редкими и иметь высокую температуру; и фактически обнаружено, что ни один из них не имеет температуры ниже 68 ° по Фаренгейту; температура в Шод-Эге, в Оверни, составляет

около 136 °. Во многих местах теплая вода из артезианских скважин, вероятно, будет использоваться в бытовых целях, и она даже сейчас используется на мануфактурах близ Штутгарда, в Эльзасе и др.

Вряд ли следует ожидать, что в настоящее время какая-либо информация о действительной внутренней температуре земли может быть получена из данных океана из-за подвижности жидкостей, благодаря которым более холодные массы опускаются вниз, в то время как более теплые поднимаются к поверхности. Тем не менее, можно утверждать, что температура моря уменьшается с глубиной между тропиками; в то время как, наоборот, все наши северные мореплаватели обнаружили, что температура повышается с глубиной в полярных морях. Изменение происходит примерно на 70-й параллели широты. Однако через несколько веков можно будет узнать, достигла ли земля постоянного состояния в отношении тепла, путем сравнения многолетних наблюдений температуры океана, если они были сделаны на большом расстоянии от суши.

Если температура земли повышается со скоростью 1 ° на каждые 50 футов, то ясно, что на глубине 200 миль самые твердые вещества должны находиться в состоянии плавления, и наш земной шар в этом случае должен быть либо покрыт слоем расплавленной лавы на этой глубине, либо это должен быть шар жидкого огня диаметром 7600 миль, заключенный в тонкий слой твердого вещества; ибо 200 миль - ничто по сравнению с размерами земли. Несомненно, форма земли, определяемая маятником и дугами меридиана, а также движениями Луны, указывает на первоначальную текучесть и последующее уплотнение и понижение температуры под действием излучения; но является ли закон повышения температуры единообразным на еще больших глубинах, чем те, которые уже достигнуты человеком, сказать невозможно. В любом случае, внутренняя текучесть не противоречит нынешнему состоянию поверхности земли, поскольку земное вещество является таким же плохим проводником тепла, как и лава, которая часто сохраняет свое тепло на очень небольшой глубине в течение многих лет после того, как ее поверхность остынет. Каким бы ни было излучение земли в прежние времена, несомненно то, что в наши дни оно продолжается очень медленно; поскольку М. Фурье вычислил, что центральное тепло уменьшается от излучения лишь примерно на $\frac{1}{30000}$ -ю долю градуса за столетие. Если это так, то не может быть никаких сомнений в том, что в конечном итоге он рассеется; но что касается животной и растительной жизни, то очень мало важно, будет ли центр нашей планеты жидким огнем или льдом, поскольку его состояние в любом случае не могло бы оказать ощутимого влияния на климат на ее поверхности. Внутренний огонь даже не выделяет тепла, достаточного для того, чтобы растопить снег на полюсах, хотя они ближе к центру, чем в любой другой части земного шара.

Огромная площадь активного вулканического огня является одной из причин высокой температуры, которую нельзя упускать из виду.

Хребет Анд от Чили до севера Мексики, вероятно, от мыса Горн до Берингова пролива, представляет собой один обширный район извержений, включающий Карибский бассейн и острова Вест-Индии, с одной стороны; и простирающийся через весь Тихий океан, через Полинезийский архипелаг, Новые Гебриды, острова Джорджии и Френдли, с другой. Другая цепь начинается с Алеутских островов, простирается до Камчатки, а оттуда проходит через Курильские, Японские и Филиппинские острова к Молуккским, откуда с ужасающей быстротой распространяется по Индийскому архипелагу даже до Бенгальского залива. Вулканическую

деятельность снова можно проследить от входа в Персидский залив до Мадагаскара, Бурбона, Канарских и Азорских островов. Отсюда непрерывный магматический регион простирается примерно на 1000 географических миль до Каспийского моря, включая Средиземное, и простирается на север и юг между 35-й и 40-й параллелями широты; а в Центральной Азии вулканический регион занимает 2500 квадратных географических миль. Вулканические пожары разрабатываются в Исландии с колоссальной силой; и антарктические Земли обнаружены сэра Джеймса Росса это магматическая формация самые смелые структуры, где вулкан высокой активности вырос с 12000 футов над вечной мерзлоты этих полярных пустынь, а в течение 19½° от южного полюса. На протяжении всей этой обширной части мира подземный огонь часто чрезвычайно активен, вызывая такие сильные землетрясения и извержения, что их последствия, накапливавшиеся в течение миллионов лет, могут быть причиной многих великих геологических изменений магматического происхождения, которые уже произошли на земле, и могут вызвать другие, не менее замечательные, если будет предоставлено время — этот существенный элемент в превращениях земного шара — и хватит их энергии.

Сэр Чарльз Лайелл, который с большой изобретательностью продемонстрировал силу существующих причин, подсчитал, что в среднем ежегодно в разных частях света происходит двадцать извержений; и многие из них должны происходить или были происходить, даже в самых обширных и ужасных масштабах, среди людей, одинаково неспособных оценить их последствия и зафиксировать их. Мы бы никогда не узнали о масштабах страшного извержения, произошедшего на острове Сумбава в 1815 году, если бы не несчастный случай с сэром Стэмфордом Раффлзом, который в то время был губернатором Явы. Это началось 5 апреля и полностью прекратилось только в июле. Земля сотрясалась на территории в 1000 миль в окружности; подземные толчки ощущались на Яве, Молуккских островах, большей части Целебеса, Суматре и Борнео. Взрывы были слышны на Суматре, на расстоянии 970 географических миль по прямой; и в Тернате, на расстоянии 720 миль в противоположном направлении. Самые ужасные вихри поднимали в воздух людей и скот; и, за исключением 26 человек, погибло все население острова в количестве 12 000 человек. Пепел был перенесен за 300 миль на Яву в таких количествах, что темнота в течение дня была более глубокой, чем когда-либо наблюдалась в самую темную ночь. Облик страны был изменен потоками лавы, а также поднятием и опусканием почвы. Город Томборо был затоплен, и вода стояла на глубине 18 футов в тех местах, где раньше была суша. Корабли сели на мель там, где они ранее стояли на якоре, и другие с трудом смогли пробиться сквозь массу пепла, который плавал на поверхности моря на протяжении нескольких миль на глубине двух футов. Катастрофа, подобная этой, хотя и меньшего масштаба, произошла на острове Бали в 1808 году, о которой в Европе слышали только много лет спустя. Извержение вулкана Косегина в заливе Фонсека, начавшееся 19 января 1835 года и продолжавшееся много дней, было еще более ужасным и масштабным по своим последствиям, чем извержение вулкана Сумбава. Пепел во время этого извержения был унесен верхним течением атмосферы так далеко на север, что достиг Кыясы, которая находится более чем в 400 лигах с наветренной стороны от этого вулкана. Многие вулканы, считавшиеся потухшими, все одновременно изверглись с непостижимой силой. Посмотрите на Везувий в исторических источниках; и на вулкан на острове Сент-Винсент в наши дни, кратер которого был окаймлен большими деревьями и который не был активным на памяти человека. Обширные территории вулканического происхождения, где вулканы прекратили свое существование на века. Отсюда можно сделать вывод, что в некоторых местах подземные пожары находятся в наивысшей степени активности, в некоторых они инертны, а в других кажутся потухшими. Тем не

менее, есть немного стран, которые не подвержены землетрясениям большей или меньшей интенсивности; подземные толчки распространяются подобно звуковой волне на такие расстояния, что невозможно сказать, в какой точке они возникают. В некоторых недавних случаях их сила, должно быть, была огромной. В Южной Америке совсем недавно, в 1822 году, площадь в 100 000 квадратных миль, что по протяженности равно половине Франции, была поднята на несколько футов над своим нынешним уровнем — наиболее подробный отчет об этом дан в "Трудах Геологического общества" уважаемым другом автора, покойной миссис Грэхем, которая присутствовала во время всего того мощного землетрясения, которое повторялось с небольшими интервалами более двух месяцев, и которая обладала талантом оценивать его последствия и имела возможность наблюдать их при наиболее благоприятных обстоятельствах в Вальпараисо и на многие мили вдоль побережья. побережье, где это было наиболее интенсивно. Значительное поднятие суши снова произошло вдоль побережья Чили в результате сильного землетрясения, произошедшего 20 февраля 1835 года. В 1819 году горный хребет, протянувшийся на 50 миль поперек дельты Инда, шириной 16 футов, был поднят на 10 футов над равниной. Читателя отсылают к уже упоминавшимся превосходным 'Принципам геологии' сэра Чарльза Лайелла, где приводятся интереснейшие подробности явлений и обширных последствий извержений вулканов и землетрясений, которых слишком много, чтобы найти здесь место. Однако можно упомянуть, что бесчисленные землетрясения время от времени сотрясают твердую кору земного шара и несут разрушения в отдаленные регионы, постепенно, хотя и медленно завершая великую работу перемен. Наиболее катастрофический случай произошел 15 декабря 1857 года в неаполитанских провинциях Базиликата и Принципато Читтериоре, где разрушения были обширными и ужасными; число жертв, согласно официальным отчетам, превысило десять тысяч. Эти ужасные механизмы разрушения, какими бы прерывистыми и ненадежными они ни казались, должны, как и все устойчивые явления, подчиняться закону, который со временем может быть открыт путем длительных и точных наблюдений.

Оболочку вулканического огня, которая опоясывает земной шар на небольшой глубине под нашими ногами, объясняют разными причинами. Некоторые предполагают, что он берет начало в океане раскаленной материи, все еще существующем в центральной бездне земли. Некоторые полагают, что это поверхностный слой, образованный в результате химического воздействия в слоях на не очень большой глубине по сравнению с размерами земного шара. Тем более что материя в самых обширных масштабах переходит из старых в новые соединения, которые при быстром воздействии способны производить наиболее интенсивное тепло. Согласно другим, электричество, которое столь повсеместно распространено во всех своих формах по всей земле, если и не является непосредственной причиной вулканических явлений, то, по крайней мере, определяет химическое сродство, которое их вызывает. Ясно, что предмет, столь окутанный тайной, должен вызывать множество спекуляций, в которых каждая гипотеза сопряжена с трудностями, которые может устранить только наблюдение.

Но взгляды мистера Бэббиджа и сэра Джона Гершеля на общую причину вулканической деятельности и изменения в равновесии внутреннего тепла земного шара в большей степени согласуются с законами механики и лучистого тепла, чем любые из предложенных ранее. Теории этих выдающихся философов, сформированные независимо друг от друга, в равной степени согласуются с наблюдаемыми явлениями, независимо от того, представляет ли земля собой твердую кору, охватывающую ядро жидкой лавы, или что существует просто обширный резервуар или слой расплавленного вещества на умеренной глубине под поверхностной корой.

Автор признателен сэру Чарльзу Лайеллу за любезное прочтение интереснейшего письма сэра Джона Гершеля, в котором он излагает свои взгляды на этот предмет.

Предположим, что земной шар представляет собой просто твердую кору, покоящуюся на жидком или полужидком веществе, независимо от того, простирается оно до центра или нет, передачи давления с одной части его поверхности на другую в результате разрушения существующих континентов и образования новых было бы достаточно, чтобы нарушить равновесие тепла внутри и вызвать извержения вулканов. Ибо, поскольку внутреннее тепло земли передается наружу посредством излучения, появление новой материи на любой части поверхности, подобно добавлению одежды, за счет удержания ее внутри, повысило бы температуру нижележащих слоев и с течением веков даже привело бы те, что находятся на большой глубине, в состояние плавления. Некоторые вещества могли бы превратиться в газы; и если бы на дне моря произошло накопление нового вещества, как это обычно бывает, эта лава смешалась бы с водой в состоянии воспламенения вследствие огромного давления океана и вновь наложенного вещества, которое предотвратило бы ее расширение в пар. Сэр Чарльз Лайелл с присущим ему талантом показал, что количество вещества, уносимого реками с поверхности континентов, сравнительно невелико и что значительный перенос на дно океана производится у береговой линии под действием моря; следовательно, говорит сэр Джон Гершель, “наибольшее накопление локального давления происходит в центральной области глубоководья, в то время как наибольший локальный рельеф имеет место вдоль размытых береговых линий. Тогда здесь должны были бы находиться главные вулканические жерла”. Поскольку земная кора на побережьях намного слабее, чем в других местах, ее легче разорвать, и, как замечает м-р Бэббидж, там могут образоваться огромные трещины в результате ее сжатия при остывании после потери части ее первоначальной толщины. Давление на дно океана заставило бы столб лавы, смешанной с воспламененной водой и газом, подниматься через образованное таким образом отверстие, и, как говорит сэр Джон Гершель, “когда столб достигает такой высоты, что воспламененная вода может превратиться в пар, общий удельный вес столба внезапно уменьшается, и вверх поднимается струя смешанного пара и лавы, пока не улетучится столько, что отложившееся на дне океана вещество не начнет поступать заново, когда откачка прекратится и трещина заделается”.

Эта теория прекрасно согласуется с явлениями природы, поскольку на расстоянии от моря очень мало действующих вулканов, а исключения, которые все же встречаются, обычно находятся вблизи озер или связаны с вулканами на морских побережьях. Многие из них прорываются даже на дне океана, вероятно, из-за того, что некоторые опоры поверхностной коры разрушаются, так что пар и лава выталкиваются вверх через трещины.

Наконец, м-р Бэббидж отмечает, что “вследствие постоянно происходящих изменений, связанных с уничтожением лесов, заполнением морей, истощением возвышенностей, тепло, излучаемое поверхностью земли, значительно различается в разные периоды. Вследствие этого изменения, а также вследствие покрытия дна моря обломочными породами суши, поверхности с одинаковой температурой внутри земли постоянно меняют свою форму и подвергают изменениям температуры толстые слои вблизи внешней поверхности. Расширение и сжатие этих слоев может образовывать трещины и жилы, вызывать землетрясения, вызывать извержения вулканов, поднимать континенты и, возможно, горные цепи ”.

Многочисленные каналы для отвода внутреннего тепла, образованные вулканами, горячими источниками и выбросами пара, столь частыми в вулканических регионах, несомненно, поддерживают спокойствие внутренней жидкой массы, которая кажется совершенно инертной, если не приводится в движение неравномерным давлением.

Но к какой бы причине в конечном счете ни относились повышение температуры земли и подземные пожары, несомненно, что, за исключением некоторых локальных случаев, они не оказывают ощутимого влияния на температуру ее поверхности. Следовательно, можно сделать вывод, что тепло земли выше зоны с однородной температурой полностью обеспечивается солнцем.

Сила солнечных лучей во многом зависит от способа их падения, как мы легко видим из различных климатических условий на нашем земном шаре. Хотя зимой солнце находится примерно на три миллиона миль ближе к земле, чем летом, его лучи падают на атмосферу в северном полушарии так наклонно, что она поглощает гораздо большее количество тепла, чем когда они направлены более прямолинейно (N. 217). Действительно, она настолько велика, что, когда солнце находится на высоте 30° , половина его тепла поглощается атмосферой, и оно очень быстро увеличивается по мере того, как оно опускается к горизонту. Однако это тепло не теряется: оно наиболее полезно для земли, поскольку на самом деле является теплом, которое обеспечивает большую часть того, что излучается в космос в отсутствие солнца. Профессор Доув показал, взяв за все сезоны среднее значение температур точек на поверхности Земли, диаметрально противоположных друг другу, что средняя температура всей поверхности земли в июне, когда мы находимся дальше всего от солнца, значительно превышает температуру декабря, когда мы находимся ближе всего к нему, вследствие избытка воды в южном полушарии и избытка суши в северном, что придает в первом случае островной климат, а во втором - континентальный.

Наблюдения мореплавателей северного полюса и сэра Джона Гершеля на мысе Доброй Надежды показывают, что прямое нагревающее воздействие солнечных лучей наиболее сильно на экваторе и что оно постепенно уменьшается по мере увеличения широты. На экваторе максимум составляет $48\frac{3}{4}^\circ$, в то время как в Европе он никогда не превышал $29\frac{1}{2}^\circ$.

Г-н Пуйе с исключительной изобретательностью подсчитал на основании ряда сделанных им самим наблюдений, что всего количества тепла, которое земля ежегодно получает от солнца, было бы достаточно, чтобы растопить слой льда, покрывающий весь земной шар глубиной 46 футов. Часть этого тепла излучается обратно в космос; но гораздо большая часть спускается в землю летом, в зону равномерной температуры, откуда возвращается на поверхность в течение зимы и смягчает холод земли и атмосферы при его прохождении в эфирные области, где оно теряется, или, скорее, где оно соединяется с излучением других тел Вселенной для поддержания температуры пространства. Поскольку мощность солнца наибольшая между тропиками, тепло проникает там глубже, чем где-либо еще, и глубина постепенно уменьшается по направлению к полюсам; но тепло также передается в боковом направлении от более теплых слоев к более холодным к северу и югу от экватора и помогает смягчить суровость полярных регионов.

Средняя теплота земли над слоем постоянной температуры определяется по теплоте источников; и, если источник находится на возвышенности, температура путем вычислений снижается до той, которая была бы на уровне моря, предполагая, что теплота почвы изменяется

по тому же закону, что и теплота атмосферы, которая составляет около 1° градуса по Фаренгейту на термометр каждые $333 \cdot 7$ футов. Сравнивая температуру многочисленных источников с температурой воздуха, сэр Дэвид Брюстер приходит к выводу, что существует особая линия, проходящая почти через Берлин, на которой температура источников и атмосферы совпадают; что при приближении к полярному кругу температура источников всегда выше температуры воздуха, в то время как по направлению к экватору она ниже.

Поскольку тепло поверхностных слоев земли уменьшается от экватора к полюсам, в обоих полушариях есть много мест, где средняя температура земли одинакова. Если бы линии были проведены через все те точки в верхних слоях земного шара, которые имеют одинаковую среднегодовую температуру, они были бы почти параллельны экватору между тропиками и становились бы все более неправильными и извилистыми по направлению к полюсам. Они называются изогеотермическими линиями. Разнообразие местных условий нарушает их параллельность даже между тропиками.

Температура почвы на экваторе на побережьях и островах ниже, чем во внутренней части континентов; самая теплая часть находится во внутренней части Африки; но на это, очевидно, влияет природа почвы, особенно если она вулканического происхождения.

Многое было сделано для выяснения способа распределения тепла по поверхности нашей планеты и изменений климата, которые, в общем виде, означают все изменения атмосферы, такие как температура, влажность, колебания атмосферного давления, чистота воздуха, безмятежность небес, воздействие ветров и электрическое напряжение. Температура зависит от свойства, которым в большей или меньшей степени обладают все тела, постоянно поглощать и испускать или излучать тепло. Когда обмен равный, температура тела остается неизменной; но когда излучение превышает поглощение, оно становится холоднее, и *наоборот*. Для того чтобы определить распределение тепла по поверхности земли, необходимо найти стандарт, по которому можно было бы сравнивать температуру в разных широтах. Для этой цели необходимо экспериментальным путем установить среднюю температуру дня, месяца и года в как можно большем количестве мест по всей земле. Среднегодовую температуру можно найти, сложив средние температуры всех месяцев в году и разделив полученную сумму на двенадцать. Среднее значение за десять или пятнадцать лет даст это приблизительно; ибо, хотя температура в любом месте может подвергаться очень большим колебаниям, все же она никогда не отклоняется более чем на несколько градусов от своего среднего состояния, что, следовательно, обеспечивает хороший стандарт для сравнения. Однако в качестве стандарта требуется гораздо большая точность.

Если бы климат зависел исключительно от солнечного тепла, все места на одной широте имели бы одинаковую среднегодовую температуру. Движение солнца по эклиптике, действительно, вызывает постоянные колебания продолжительности дня и направления лучей по отношению к земле; однако, поскольку причина периодическая, средняя годовая температура, обусловленная только движением солнца, должна быть постоянной на каждой параллели широты; ибо очевидно, что накопление тепла в долгие летние дни, которое лишь немного уменьшается из-за излучения в течение коротких ночей, уравнивается небольшим количеством тепла, получаемого в течение коротких дней зимой, и его излучением в долгие, морозные и ясные ночи. В самом деле, если бы земной шар был повсюду на уровне поверхности моря и состоял из однородного вещества, чтобы равномерно поглощать и излучать тепло,

среднее солнечное тепло равномерно распределялось бы по его поверхности в зонах с одинаковой годовой температурой, параллельных экватору, от которого оно уменьшалось бы к каждому полюсу как квадрат косинуса широты; и его количество зависело бы только от высоты солнца и атмосферных течений. Распределение тепла, однако, по одной и той же параллели очень неравномерно во всех широтах, за исключением тропиков, где изотермические линии или линии, проходящие через места с одинаковой среднегодовой температурой, более близки к экватору. Причин возмущения очень много; но те, которые оказывают наибольшее влияние, согласно М. де Гумбольдту, которому мы обязаны большей частью того, что известно по этому предмету, - это возвышение континентов, распределение суши и воды по поверхности земного шара, проявляющее различные поглощающие и излучающие способности; колебания поверхности земли, такие как леса, песчаные пустыни, зеленые равнины, скалы и т. Д.; горные цепи, покрытые массами снега, которые понижают температуру; отражение солнечных лучей в долинах, которые повышают ее. ; и обмен течениями, как воздушными, так и водными, что смягчает суровость климата; теплые течения с экватора смягчают суровость полярных морозов, а холодные течения с полюсов смягчают сильную жару экваториальных регионов. К этому можно добавить земледелие, хотя его влияние распространяется лишь на небольшую часть земного шара, заселена лишь четвертая часть суши.

Температура снижается с увеличением высоты над уровнем моря, а также с изменением широты. Воздух в более высоких областях атмосферы намного холоднее, чем в нижних, потому что теплый воздух расширяется по мере подъема, за счет чего увеличивается его теплоемкость, значительная часть становится скрытой или поглощенной, и все меньше ее ощущается. Порция воздуха на поверхности Земли, температура которой составляет 70 ° по Фаренгейту, если ее поднять на высоту двух с половиной миль, расширилась бы настолько, что ее температура снизилась бы на 50 °; а в эфирных областях температура на 239 ° ниже нуля по Фаренгейту.

Высота, на которой лежит снег, постоянно уменьшается от экватора к полюсам и летом выше, чем зимой; но она варьируется в зависимости от многих обстоятельств. Снег выпадает редко, когда стоит сильный мороз и атмосфера сухая. Обширные леса производят влагу путем своего испарения, а высокие плоскогорья, напротив, сушат и согревают воздух, потому что воздух на больших высотах слишком разрежен, чтобы поглощать большую часть солнечного тепла. В Кордильерах Анд, на равнинах, занимающих всего двадцать пять квадратных лье от их протяженности, температура повышается на целых 3 ° или 4 ° выше той, что наблюдается на той же высоте на быстром склоне горы, следовательно, линия вечных снегов меняется в зависимости от преобладания той или иной из этих причин. Аспект в целом также оказывает большое влияние; однако линия вечных снегов намного выше на северной стороне Гималаев, чем на южной, отчасти потому, что воздух почти лишается влаги из-за осадков, прежде чем они достигают северной стороны гор. В целом, оказывается, что средняя высота между тропиками, на которой постоянно лежит снег, составляет около 15 207 футов над уровнем моря; тогда как снег не покрывает землю постоянно на уровне океана вплоть до северного полюса. Однако в южном полушарии холод сильнее, чем в северном. На земле Сандвичей, между 54-м и 58-м градусами широты, вечный снег и лед доходят до уровня моря; а на острове Южная Джорджия, на 53-м градусе южной широты, что соответствует широте центральных графств Англии, вечный снег опускается даже до уровня океана. Было показано, что этот избыток холода в южном полушарии не может быть объяснен тем, что зима здесь длиннее нашей на $7\frac{3}{4}$ дня. Вероятно, это связано с открытым морем, окружающим южный полюс, которое позволяет айсбергам опускаться на более низкую широту на 10 °, чем в северном полушарии, из-за многочисленных

препятствий, создаваемых островами и континентами вокруг северного полюса. Айсберги из арктических морей редко заплывают дальше к югу, чем Азорские острова, тогда как те, что приходят с южного полюса, опускаются до такой низкой широты, как у мыса Доброй Надежды.

Влияние горных цепей не полностью зависит от линии постоянного замерзания. Они притягивают и конденсируют парящие в воздухе пары и сбрасывают их вниз в виде потоков дождя. Они излучают тепло в атмосферу на более низкой высоте и повышают температуру в долинах за счет отражения солнечных лучей и укрытия, которое они обеспечивают от преобладающих ветров. Но, напротив, одной из наиболее общих и мощных причин холода, возникающего вблизи гор, являются леденящие потоки ветра, которые несутся с их высоких вершин по быстрым склонам, охлаждая окружающие долины: таков пронизывающий северный ветер, называемый в Швейцарии бисе.

Помимо высоты, наибольшее влияние на нарушение равномерного распределения тепла оказывает разница в излучающей и поглощающей способности моря и суши. Протяженность суши не превышает четвертой части протяженности океана; так что общая температура атмосферы, рассматриваемая как результат частичных температур всей поверхности земного шара, наиболее сильно изменяется морем. Кроме того, океан воздействует на атмосферу более равномерно, чем разнообразная поверхность твердой массы, как из-за равенства ее кривизны, так и из-за ее однородности. В непрозрачных веществах накопление тепла ограничено ближайшим к поверхности слоем. Моря нагреваются на своей поверхности меньше, чем суша, потому что солнечные лучи, прежде чем погаснуть, проникают в прозрачную жидкость на большую глубину и в большем количестве, чем в непрозрачные массы. С другой стороны, вода обладает значительной излучающей способностью, которая вместе с испарением понизила бы температуру поверхности океана до очень низкой, если бы холодные частицы не опускались на дно из-за своей более высокой плотности. Моря сохраняют значительную часть тепла, получаемого ими летом, и из-за своей солености замерзают не так скоро, как пресная вода. Таким образом, вследствие всех этих обстоятельств океан не подвержен таким колебаниям температуры, как суша, и, передавая свою температуру ветрам и течениям, он уменьшает суровость климата на побережьях и островах, которые никогда не подвержены таким экстремальным температурам жары и холода, какие наблюдаются во внутренней части континентов, хотя они подвержены туманам и дождям из-за испарения прилегающих морей. По обе стороны экватора до 48-го градуса широты поверхность океана в целом теплее, чем воздух над ней. Среднее значение разницы температур в полдень и полночь составляет около $1^{\circ}37'$, наибольшее отклонение никогда не превышает $0^{\circ}36'$ до $2^{\circ}16'$, что намного холоднее, чем воздух над сушей.

Температура на суше зависит от характера почвы и продуктов ее переработки, ее обычной влажности или сухости. От восточной оконечности пустыни Сахара до самой Африки почва почти полностью состоит из бесплодного песка; а сама пустыня Сахара простирается на площадь в 194 000 квадратных лье, что вдвое превышает площадь Средиземного моря, и повышает температуру воздуха за счет радиации с 90° до 100° , что, должно быть, оказывает самое обширное влияние. Напротив, растительность охлаждает воздух за счет испарения и видимого излучения холода от листьев растений, потому что они поглощают больше калорий, чем отдают. Зернобобовые равнины Южной Америки занимают территорию, в десять раз превышающую территорию Франции, занимая не менее 50 000 квадратных лье, что больше, чем вся цепь Анд и все разбросанные горные группы Бразилии. Они, вместе с равнинами Северной

Америки и степями Европы и Азии, должны оказывать сильное охлаждающее воздействие на атмосферу, если учесть, что в тихие и безмятежные ночи они заставляют термометр опускаться на 12° или 14° , и что на лугах и вересковых пустошах Англии поглощения тепла травой достаточно, чтобы температура опускалась до точки замерзания ночью в течение десяти месяцев в году. Леса охлаждают воздух также за счет затенения земли от лучей солнца и испарения с ветвей. Хейлс обнаружил, что листья одного растения гелиантуса высотой в три фута обнажают почти сорок футов поверхности; и, если принять во внимание, что лесистые районы реки Амазонки и верховья Ориноко занимают площадь в 260 000 квадратных лье, можно составить некоторое представление о потоках пара, которые поднимаются от листьев лесов по всему земному шару. Однако леденящий эффект их испарения в какой-то мере нейтрализуется совершенным спокойствием, которое царит в тропической глуши. Бесчисленные реки, озера, заводи и болота, разбросанные по континентам, поглощают калории и охлаждают воздух за счет испарения; но из-за того, что охлажденные и плотные частицы опускаются на дно, глубокая вода уменьшает зимний холод, пока не образуется лед.

Вследствие разницы в излучающей и поглощающей способности моря и суши их конфигурация значительно изменяет распределение тепла по поверхности земного шара. Под экватором суша составляет только одну шестую часть окружности; а поверхностная протяженность суши в северном и южном полушариях находится в пропорции три к одному. Эффект этого неравномерного разделения сильнее в зонах умеренного климата, чем в знойных зонах, поскольку площадь суши в северной зоне умеренного климата равна площади суши в южной зоне тринадцати к одному, тогда как доля суши между экватором и каждым тропиком равна пяти к четырем. Любопытный факт, подмеченный мистером Гарднером, заключается в том, что только на одной двадцать седьмой части суши земного шара есть суша, диаметрально противоположная ей. Такое непропорциональное расположение твердой части земного шара оказывает мощное влияние на температуру южного полушария. Но, помимо этих более значительных изменений, на температуру влияют полуострова, мысы и кейпы, вдающиеся в океан, вместе с заливами и внутренними морями. К ним можно добавить положение континентальных масс по сторонам света. Все эти различия суши и воды влияют на температуру с помощью ветров. По этой причине температура на восточных побережьях как Нового, так и Старого Света ниже, чем на западных; ибо, если рассматривать Европу как остров, общая температура мягкая по мере того, как эта сторона открыта Атлантическому океану, поверхностная температура которого, вплоть до 45° и 50° градусов Северной широты, не опускается ниже 48° или 51° Фаренгейта даже в середине зимы. Напротив, холод в России возникает из-за ее воздействия северных и восточных ветров. Но европейская часть этой империи имеет менее суровый климат, чем азиатская, потому что она не простирается на столь высокие широты.

Расположение атмосферы изменяет все эффекты солнечного тепла. Земля передает свою температуру так медленно, что мсье Араго иногда обнаруживал разницу в $14\text{--}18^{\circ}$ между теплом почвы и воздуха, находящегося на высоте двух или трех дюймов над ней.

Перечисленные выше обстоятельства и многие другие сходятся в нарушении регулярного распределения тепла по земному шару и вызывают бесчисленные локальные нарушения. Тем не менее среднегодовая температура постепенно снижается от экватора к полюсам. Но уменьшение средней температуры происходит наиболее быстро между $40\text{--}45^{\circ}$ градусами широты как в Европе, так и в Америке, что полностью согласуется с теорией; отсюда следует,

что изменение квадрата косинуса широты (N. 127), которое выражает закон изменения температуры, максимально ближе к 45-му градусу широты. Среднегодовая температура под экватором в Америке составляет около $81\frac{1}{2}^{\circ}$ по Фаренгейту: в Африке, как говорят, она составляет почти 83° . Разница, вероятно, возникает из-за ветров Сибири и Канады, чье холодное влияние ощутимо ощущается в Азии и Америке, даже в пределах 18° от экватора.

Изотермические линии почти параллельны экватору, примерно до 22-го градуса широты с каждой стороны от него, где они начинают терять свою параллельность и продолжают делать это все больше и больше по мере увеличения широты. Что касается северного полушария, то изотермическая линия 59° по Фаренгейту проходит между Римом и Флоренцией на 43° широты; и недалеко от Роли в Северной Каролине, на 36° широты: линия равной годовой температуры 50° проходит через Нидерланды, на 51° широты; и недалеко от Бостона в Соединенных Штатах, на 42° широты $\frac{1}{2}$. линия 41° проходит недалеко от Стокгольма, на 59° широты $\frac{1}{2}$; и залив Святого Георгия, Ньюфаундленд, на 48° широты: и, наконец, линия 32° , точка замерзания воды, проходит между Улеа в Лапландии, 66° широты, и Столовой бухтой на побережье Лабрадора, 54° широты.

Таким образом, оказывается, что изотермические линии, которые почти параллельны экватору примерно на 22° , впоследствии отклоняются все больше и больше. Из наблюдений, сделанных во время многочисленных плаваний в Арктических морях, было обнаружено, что изотермические линии Европы и Америки полностью расходятся в высоких широтах и окружают два полюса максимального холода: один - на 79° Северной широты. и 120° восточной долготы, имеет среднюю температуру 2° по Фаренгейту; а другой, температура которого была определена сэром Дэвидом Брюстером как $3\frac{1}{2}^{\circ}$ по Фаренгейту, по наблюдениям сэра Эдварда Парри, находится недалеко от острова Мелвилл. Полюс вращения Земли, средняя температура которого, вероятно, не ниже 15° по Фаренгейту, находится почти посередине между ними; и линия, соединяющая эти точки максимального похолодания, почти совпадает с диаметром полярного бассейна, который делит его пополам и проходит через два его больших выхода в Тихий и Атлантический океаны, что является наиболее примечательной чертой и убедительно указывает на отсутствие суши и преобладание существенно более мягкого климата в полярном океане, вероятно, не ниже 15° по Фаренгейту.^[12] Считается, что в южном полушарии существуют два соответствующих полюса максимального похолодания, хотя наблюдения позволяют проследить ход южных изотермических линий с той же точностью, что и в северном.

Изотермические линии или такие, которые проходят через места, где среднегодовая температура воздуха одинакова, не всегда совпадают с изогеотермическими линиями, которые проходят через места, где средняя температура почвы одинакова. Сэр Дэвид Брюстер, обсуждая этот вопрос, приходит к выводу, что изогеотермические линии всегда параллельны изотермическим линиям; следовательно, одна и та же общая формула будет служить для определения обеих, поскольку разница является постоянной величиной, полученной путем наблюдения, и зависит от расстояния места от нейтральной изотермической линии. Эти результаты подтверждаются наблюдениями М. Купффера из Касана во время его поездок на север, которые показывают, что европейская и американская части изогеотермической линии 32° по Фаренгейту фактически разделяются и огибают два полюса максимального холода. Этот путешественник заметил также, что температура как воздуха, так и почвы быстрее всего понижается ближе к 45-му градусу широты.

Очевидно, что места могут иметь одинаковую среднегодовую температуру и при этом существенно отличаться по климату. В одном случае зима может быть мягкой, а лето прохладным, в то время как в другом могут наблюдаться экстремальные перепады температуры и холода. Линии, проходящие через места с одинаковой средней летней или зимней температурой, не параллельны ни изотермическим, ни геотермальным линиям, ни друг другу, и они еще больше отличаются от параллелей по широте. В Европе широта двух мест с одинаковой годовой температурой никогда не отличается более чем на 8° или 9°; тогда как разница в широте мест с одинаковой средней зимней температурой иногда достигает 18° или 19°. В Касане, в глубине России, на широте 55 °·48, что почти совпадает с широтой Эдинбурга, среднегодовая температура составляет около 37 °·6; в Эдинбурге она составляет 47 °·84. В Касане средняя летняя температура составляет 64 °·84, а зимой 2 °·12; тогда как в Эдинбурге средняя летняя температура составляет 58 °·28, а зимой 38 °·66. Откуда следует, что разница зимних температур намного больше, чем летних. В Квебеке лето такое же теплое, как в Париже, и виноград иногда созревает на открытом воздухе, тогда как зимы такие же суровые, как в Петербурге; снег лежит несколько месяцев глубиной в пять футов, колесными экипажами пользоваться нельзя, лед слишком твердый для катания на коньках, путешествовать приходится на санях и часто по льду реки Святого Лаврентия. Холод на острове Мелвилл 15 января 1820 года, по словам сэра Эдварда Парри, был на 55 ° ниже нуля термометра по Фаренгейту; а когда доктор Кейн был на северном побережье Гренландии, он был на 70 ° ниже этой отметки; однако летняя жара днем в этих высоких широтах невыносима.

Наблюдения, как правило, доказывают, что все климаты земли стабильны и что их переменчивость - это всего лишь периоды или колебания большей или меньшей протяженности, которые исчезают при среднегодовой температуре в течение достаточного количества лет. Это постоянство среднегодовой температуры в различных местах на поверхности земного шара показывает, что одно и то же количество тепла, которое ежегодно получает земля, ежегодно излучается в космос; и это было бы так, даже если бы количество тепла, испускаемого солнцем, менялось в зависимости от его пятен, ибо, если бы его получали больше, то и излучали бы больше. Тем не менее, различные причины могут нарушить климат в каком-либо месте; возделывание может сделать его теплее; но это происходит за счет какого-то другого места, в котором становится холоднее в той же пропорции. Там может быть чередой холодного лета и мягкой зимы, но в какой-нибудь другой стране происходит обратное, чтобы произвести компенсацию; ветер, дождь, снег, туман и другие метеоритные явления являются помощниками, используемыми для осуществления изменений. Распределение тепла может меняться в зависимости от множества обстоятельств; но абсолютное количество, теряемое и приобретаемое всей землей в течение года, если и не неизменно одно и то же, то, по крайней мере, периодически.

РАЗДЕЛ XXVI.

Влияние температуры на растительность—Растительность меняется в зависимости от широты и высоты над уровнем моря—Географическое распределение наземных растений—

Распространение морских растений—Кораллы, моллюски, рептилии, насекомые, Птицы и четвероногие -Разновидности человечества, но идентичность видов.

О постепенном снижении температуры воздуха и земли от экватора к полюсам ясно свидетельствует ее влияние на растительность. В долинах жаркой зоны, где среднегодовая температура очень высока и где в избытке света и влаги, природа украшает почву всей роскошью вечного лета. Пальма, бомбакс сейба и множество великолепных деревьев возвышаются на высоту 150-200 футов над бананами, бамбуком, древовидным папоротником и бесчисленным множеством других тропических растений, настолько переплетенных ползучими и паразитическими растениями, что часто представляют собой непроходимый барьер. Но богатство растительности постепенно уменьшается с повышением температуры; великолепие тропических лесов сменяется районами виноградарства и олив; они снова уступают место зеленым лугам более умеренного климата; затем следуют береза и сосна, которые, вероятно, обязаны своим существованием в очень высоких широтах скорее теплоте почвы, чем воздуха. Но даже эти выносливые растения превращаются в карликовые кустарники, пока зеленый ковер из мхов и лишайников, усыпанный цветами, не станет последним признаком растительной жизни в течение короткого, но жаркого лета в полярных регионах. Влияние холода и недостаточного освещения на растительный мир таково, что количество видов, произрастающих под экватором и на северных широтах 45° и 68° , находится в соотношении чисел 12, 4 и 1. Несмотря на заметную разницу между тропической и полярной флорой, свет и влага, по-видимому, являются почти единственными необходимыми условиями для развития растительности, поскольку ни жара, ни холод, ни даже сравнительная темнота полностью не уничтожают плодородие природы. Только на соляных равнинах и песчаных пустынях царит безнадежная бесплодность. Растения растут по краям горячих источников: они образуют оазисы везде, где есть влага среди раскаленных песков Африки; они встречаются в пещерах, почти лишенных света, хотя обычно они бледные и тусклые. Океан изобилует растительностью. Сам по себе снег не только порождает красный лишайник, открытый Соссюром на замерзших склонах Альп, в изобилии встречающийся автору, пересекавшему Коль де Боном из Савойи в Пьемонт, и полярным мореплавателям в арктических регионах, но и служит укрытием для порождений этого негостеприимного климата от пронизывающих ветров, которые проносятся над полями вечного льда. Неустрашимые моряки рассказывают, что при такой защите от холода появляются растения, растапливают снег на несколько дюймов в окружности, а верхняя часть, снова быстро превращаясь в прозрачный слой льда, пропускает солнечные лучи, которые согревают и лелеют растения в этой естественной теплице, пока возвращающееся лето не сделает такую защиту ненужной.

Химическое действие света, однако, абсолютно необходимо для роста растений, которые получают основное питание из атмосферы. Они потребляют содержащийся в нем углекислый газ, азот, водяной пар и аммиак; но именно химическое воздействие света позволяет им поглощать, разлагать и закреплять эти вещества в древесине, листьях, цветах и фруктах. Атмосфера вскоре была бы лишена этих элементов растительной жизни, если бы они постоянно не поставлялись животным миром; в то время как взамен растения разлагают впитываемую ими влагу и, усвоив углекислый газ, выдыхают кислород для поддержания одушевленного мира и, таким образом, сохраняют справедливое равновесие. Следовательно, именно комбинированное и мощное воздействие всех солнечных лучей придает тропическим лесам такой блеск, в то время как с уменьшением их энергии в более высоких широтах растительность становится менее буйной. По этой причине напрасно ожидать, что фрукты и цветы, выращенные

в наших теплицах, когда-либо смогут обладать вкусом, благоуханием или окраской, равными тем, которые они приобретают при ярком свете родного неба.

Гораздо большее число известных видов растений произрастает в равноденственной Америке; в Европе их примерно вдвое меньше; в Азии с ее островами несколько меньше, чем в Европе; в Австралии с островами в Тихом океане еще меньше; а в Африке известно меньше растительных культур, чем в любой части земного шара равной протяженности, поскольку этот богатый и пышный регион, открытый доктором Ливингстоном, еще предстоит изучить ботанически. Очень мало общественных растений, таких как травы и вересковые пустоши, покрывающие большие участки суши, можно встретить между тропиками, за исключением морских побережий и возвышенных равнин. Однако с некоторыми исключениями из этого правила можно столкнуться в джунглях Декана и т. Д. В экваториальных регионах, где всегда стоит сильная жара, распределение растений зависит от среднегодовой температуры, тогда как в зонах умеренного климата распределение в некоторой степени регулируется летней жарой. Некоторым растениям требуется длительное мягкое тепло, другие лучше всего растут там, где резкие перепады температуры и холода сильнее. Ареал произрастания пшеницы очень велик; ее можно возделывать на севере до 60-го градуса широты; но в жаркой зоне она редко образует колос ниже высоты 4500 футов над уровнем моря из-за буйства растительности; и обычно она не созревает выше высоты 12000 футов; в Тибете она созревает на еще большей высоте. Полковник Сайкс утверждает, что в Декане пшеница произрастает на высоте всего 1800 футов над уровнем моря. Лучшие вина производятся между 30-м и 45-м градусами северной широты. Что касается растительного царства, то высота над уровнем моря эквивалентна широте с точки зрения температуры. При подъеме в горы жаркой зоны богатство тропической растительности уменьшается с увеличением высоты; происходит чередование растений, сходных, хотя и не идентичных растениям, встречающимся в широтах с соответствующей средней температурой; высокие леса постепенно теряют свое величие; на смену им приходят низкорослые кустарники; пока, наконец, распространение лишайника не останавливается вечными снегами. На вулкане Тенериф есть пять последовательных зон, в каждой из которых произрастают различные семейства растений. Первый - это область виноградных лоз, следующий - лавра; за ними следует область сосен, эрики или вересковых пустошей, травы; все это покрывает склон пика на протяжении 11 200 футов перпендикулярной высоты.

Вблизи экватора на высоте 9200 футов над уровнем моря цветут дубы; а на высоком хребте Гималаев цветут примула, конваллярия и вероника, но не примула, ландыш или вероника, которые украшают наши луга; ибо, хотя гербарий, собранный Муркрофтом на его пути из Нитее в Дабу и Гартопе в Китайской Татарии, на высотах, столь же высоких или даже выше Монблана, изобилует альпийскими и европейскими растениями. роды, виды повсеместно различаются, за единственным исключением родиолы розовой, которая идентична виду, цветущему в Шотландии. Не только в этом случае сходство климата достигается без идентичности произрастающих растений; по всему земному шару часто обнаруживается определенная аналогия как в строении, так и во внешнем виде между растениями при соответствующих условиях, которые, тем не менее, специфически различаются. Говорят даже, что разница в 25 ° широты вызывает полное изменение не только растительных продуктов, но и организованных существ. Несомненно то, что каждый отдельный регион как суши, так и воды, от замерзших берегов полярных кругов до выжженных регионов знойной зоны, обладает своей особой флорой. Физико-географы разделили весь земной шар на различные ботанические районы, почти полностью отличающиеся друг от друга своими специфическими видами растительности,

границы которых наиболее четко определяются, когда они разделены широким пространством океана, горными цепями, песчаными пустынями, соляными равнинами или внутренними морями. Значительное число растений характерно для северных областей Азии, Европы и Америки, где континенты почти соединяются; но по мере приближения к югу флоры этих трех больших частей земного шара различаются все больше и больше даже на одних и тех же параллелях широты, что показывает, что температура сама по себе не является причиной почти полного разнообразия видов, которое повсюду преобладает. Флоры Китая, Сибири, Татарии, европейского региона, включая центральную Европу и побережье Средиземного моря, и Восточного региона, включающего страны вокруг Черного и Каспийского морей, - все они отличаются специфическим характером. Гумбольдт и Бонплан обнаружили только двадцать четыре вида в равноденственной Америке, идентичных таковым в Старом Свете; а доктор Роберт Браун не только обнаружил, что в Австралии между 33-й и 35-й параллелями южной широты существует своеобразная растительность, но и то, что на восточной и западной оконечностях этих параллелей нет ни одного вида, общего для обеих, и что некоторые роды также почти полностью ограничены этими местами. Число видов, общих для Австралии и Европы, составляет всего 166 из 4100, и, вероятно, некоторые из них были завезены туда колонистами; но большая часть этого континента все еще не исследована. Однако это соотношение превышает то, что до сих пор наблюдалось в южной Африке, и, исходя из того, что уже было указано, доля европейских видов в равноденственной Америке еще меньше.

Растительность островов сходна с растительностью ближайших континентов, но, когда они очень удалены от суши, их флора совершенно своеобразна. Алеутские острова, простирающиеся между Азией и Америкой, имеют растительность северных частей обоих континентов и, возможно, служили связующим звеном. На Мадейре и Тенерифе встречаются растения Португалии, Испании, Азорских островов и северного побережья Африки; а на Канарских островах встречается большое количество растений, принадлежащих к африканскому побережью. Но каждый из этих островов обладает флорой, которой больше нигде нет; и остров Святой Елены, одиноко стоящий посреди Атлантического океана, произрастает всего двумя или тремя видами растений, признанными принадлежащими к любой другой части света.

Из исследований М. де Гумбольдта явствует, что в тропиках растения, такие как травы и пальмы, у которых только одна семенная лопасть, относятся к семейству, у которого две семенные лопасти, как у большинства европейских видов, в соотношении один к четырем; в умеренных зонах они равны одному к шести; а в арктических регионах, где в изобилии произрастают мхи и лишайники, которые образуют низший порядок растительного мира, это соотношение равно одному к двум. Однолетние растения с одной и двумя семенными долями в зонах умеренного климата составляют одну шестую всего растений, исключая криптогамии (N. 218); в жаркой зоне они едва составляют одну двадцатую, а в Лапландии - одну тридцатую часть. При приближении к экватору количество древесных растений превышает количество травянистых; в Америке произрастает 120 различных видов лесных деревьев, тогда как в тех же широтах Европы встречается только 34.

Аналогичные законы регулируют распространение морских растений. Группы водорослей, или морских растений, влияют на определенные температуры или широтные зоны и различные глубины, хотя несколько родов преобладают по всему океану. Бассейн полярной Атлантики до 40-го градуса северной широты представляет собой четко выраженную растительность. В Вест-

Индских морях, включая Мексиканский залив, восточное побережье Южной Америки, Индийский океан и его заливы, берега Новой Голландии и соседние острова, обитают свои особые виды. Средиземноморье обладает своеобразной растительностью, простирающейся до Черного моря; а виды морских растений на побережье Сирии и в порту Александрии почти полностью отличаются от видов Суэцкого канала и Красного моря. Замечено, что в мелководных морях набор растений отличается от тех, что находятся глубже и холоднее; и, в отличие от наземной растительности, водоросли более многочисленны в средних широтах, чем к экватору или полюсам. Они различаются также в зависимости от глубины залегания: совершенно разные виды поражают разную глубину, их семена имеют такой удельный вес, что остаются и прорастают там, где росло родительское растение. Количество водорослей в этом скоплении, известном как саргассово, или травянистое море, настолько велико, что первые мореплаватели, Колумб и Лериус, сравнивали его с обширно затопленными лугами: оно затрудняло движение их кораблей и пугало их моряков. Он находится в Северной Атлантике, немного западнее меридиана Фаяла, одного из Азорских островов, между 25-й и 36-й параллелями широты. Меньший берег находится между 22-м и 26-м градусами северной широты, примерно в 80 лигах к западу от меридиана Багамских островов. Эти массы в основном состоят из одного или двух видов саргассы, самого обширного рода отряда фукоидных.

Некоторые из морских водорослей достигают огромной длины, и все они ярко окрашены, хотя многие из них должны расти на большой глубине. Однако свет, возможно, не единственный принцип, от которого зависит цвет овощей, поскольку барон Гумбольдт познакомился с зелеными растениями, растущими в полной темноте на одной из шахт Фрейберга.

В темных и спокойных пещерах океана, на берегах, попеременно покрытых и покинутых беспокойными волнами, на высоких горах и обширных равнинах, в холодных регионах севера и в добродушном тепле юга видовое разнообразие является общим законом растительного царства, который не может быть объяснен разнообразием климата; и все же сходство, хотя и не идентичность видов при одних и тех же изотермических линиях таково, что если в какой-либо части земного шара известно число видов, принадлежащих к одному из великих семейств растений, то все число видов, принадлежащих к одному из них, будет равно нулю. цветущие или более совершенные растения, а также количество видов, составляющих другие семейства овощных, могут быть оценены со значительной точностью.

Были высказаны различные мнения о первоначальном или примитивном распространении растений по поверхности земного шара; но с тех пор, как ботаническая география стала наукой, наблюдаемые явления привели к выводу, что зарождение растений должно было происходить в ряде совершенно разных центров, поскольку острова и континенты возвышались над океаном, каждый из которых был первоначальным местом обитания определенного числа особых видов, которые сначала росли там и нигде больше. Вересковые пустоши произрастают исключительно в Старом Свете; и ни одно местное розовое дерево никогда не встречалось в Новом, поскольку все южное полушарие лишено этого прекрасного и ароматного растения. Но это еще больше подтверждается множеством особых растений, ведущих исключительно местное и изолированное существование, произрастающих спонтанно в каком-то определенном месте и ни в каком другом месте: например, ливанский кедр, который произрастает на этой горе, и ни в какой другой части мира. С другой стороны, поскольку не может быть сомнений в том, что многие расы растений были уничтожены, сэр Джон Гершель считает возможным, что эти единичные экземпляры могут быть последними выжившими остатками одной и той же группы,

распространенной повсеместно, но находящейся в процессе вымирания, или что, возможно, одновременно могут происходить два процесса: “Некоторые группы могут распространяться из своих очагов, другие отступают в свои последние убежища”.

Те же законы действуют и в распределении животного мира. Даже микроскопические существа, которые, по-видимому, наиболее широко распространены, имеют свои специфические места обитания; и зоофит (N. 219), занимающий следующее по величине место в живой природе, широко рассеян по морям жаркой зоны, причем каждый вид ограничен районом и глубиной, наиболее подходящими для его нужд. Моллюски, или животные из раковин, уменьшаются в размерах и красоте по мере удаления от экватора; и не только каждое море и каждая впадина океана, но и каждая глубина населена своим особым племенем рыб. Действительно, М. Перон и Левер утверждают, что среди многих тысяч морских животных, которых они исследовали, нет ни одного животного южных регионов, которое не отличалось бы по существенным признакам от аналогичных видов в северных морях.

Рептилии не являются исключением из общего закона. Племена ящеров (н.э. 220) из четырех четвертей земного шара различаются по видам; и, хотя теплые страны изобилуют ядовитыми змеями, они специфически различаются в разных местностях и уменьшаются как по численности, так и по вирулентности своего яда с понижением температуры. Распространение насекомых неизбежно следует за распространением овощей, которые служат им пищей; и в целом замечено, что каждый вид растений населен своими особыми обитателями. У каждого вида птиц есть свое особое пристанище, несмотря на двигательную силу крылатых племен. Эму обитает в Австралии, кондор - в Андах и на их склонах, а бородатый гриф или леммергейер - в Альпах. Некоторые птицы, такие как обыкновенный воробей, имеют широкий ареал; но те, что встречаются в каждой стране, немногочисленны. Четвероногие распространены таким же образом везде, где человек не вмешивался. Виды, которые являются местными в одной стране, не совпадают со своими сородичами в другой; и, за исключением некоторых видов летучих мышей, ни одно млекопитающее не является местным ни на Полинезийском архипелаге, ни на одном из островов на границах центральной части Тихого океана.

При рассмотрении бесконечного разнообразия организованных существ, населяющих поверхность земного шара, нет ничего более примечательного, чем различия, характеризующие различные племена человечества, от эбеновой кожи жителей жаркой зоны до светлого и румяного цвета лица скандинавов — различия, существовавшие в древнейшие зарегистрированные времена, поскольку африканец представлен в священных писаниях таким же черным, как и в наши дни, и древнейшие египетские рисунки подтверждают эту истину; однако из сравнения основных обстоятельств, касающихся животноводства или физического характера различных племен человечества, становится ясно, что африканец был чернокожим. различные расы идентичны по своему биологическому виду. Было предпринято много попыток проследить происхождение различных племен от общего происхождения путем сопоставления многочисленных языков, на которых говорят или когда-то говорили. Некоторые из этих классов имеют мало общих слов или вообще не имеют их, но демонстрируют замечательную аналогию в законах их грамматического построения. Языки, на которых говорят коренные народы Америки, являются примерами этого; действительно, утонченность грамматического построения языков американских дикарей приводит к убеждению, что первоначально на них, должно быть, говорил гораздо более цивилизованный класс человечества. Некоторые языки имеют мало общего или вообще не имеют его по структуре, хотя они во многом соответствуют своим словарям, как

сирийские диалекты. Во всех этих случаях можно сделать вывод, что народы, говорящие на рассматриваемых языках, произошли от одного и того же корня; но вероятность общего происхождения гораздо выше у индоевропейских народов, языки которых, такие как санскрит, греческий, латинский, немецкий и т.д., имеют сходство как по структуре, так и по соответствию вокабуляров. Во многих языках нельзя проследить ни малейшего сходства; однако время могло стереть первоначальную идентичность; но прошло так много веков, прежде чем предмет стал предметом изучения, и так много языков вышли из употребления, что можно усомниться в том, что когда-либо будет достигнут какой-либо удовлетворительный результат в отношении первоначальной речи человечества.

РАЗДЕЛ XXVII.

Земное тепло—Излучение—Передача—Эксперименты Меллони—Тепло в солнечном спектре—Поляризация тепла—Природа поглощения тепла—Роса—Дождь—Горение—Расширение—Компенсационный маятник—Передача через кристаллы—Распространение—Динамическая теория тепла—Механический эквивалент тепла—Скрытое тепло — это сила расширения—Пар—Работа, выполняемая теплом—Сохранение силы—Механическая мощность в приливах—Динамическая мощность света—Аналогия между светом, теплом и звуком.

То, что производящие тепло лучи существуют независимо от лучей света, является предметом постоянного опыта в их обильном испускании кипящей водой. Они расходятся прямыми линиями от пламени и из каждой точки на поверхности горячих тел, точно так же, как расходящиеся лучи света исходят из каждой точки тех, которые светятся. Согласно экспериментам сэра Джона Лесли, излучение исходит не только от поверхности веществ, но и от частиц, находящихся на ничтожной глубине под ней. Он обнаружил, что излучение наиболее интенсивно в направлении, перпендикулярном излучающей поверхности, и что оно быстрее исходит от шероховатой поверхности, чем от полированной: излучение, однако, может происходить только на воздухе и в вакууме; оно совершенно незаметно, когда горячее тело заключено в твердое вещество или жидкость. Нагретые вещества, находящиеся на открытом воздухе, продолжают излучать тепло до тех пор, пока их температура не сравняется с температурой окружающей среды. Сначала излучение происходит очень быстро, но по известному закону уменьшается с повышением температуры нагретого тела. Оказывается также, что излучающая способность поверхности обратно пропорциональна ее отражающей способности; и тела, наиболее непроницаемые для тепла, излучают меньше всего. Вещества, однако, обладают избирательной способностью, отражая тепло только с определенной степенью преломления. М-р Гроув приводит в качестве примеров бумагу, снег и известь, которые, хотя и все белые, излучают тепло разной степени преломления, в то время как металлы, какого бы цвета они ни были, излучают все виды одинаково.

Тепловые лучи, независимо от того, исходят ли они от солнца, пламени или других земных источников, светящиеся или несветящиеся, мгновенно проходят через твердые и жидкие вещества, при этом нет заметной разницы во времени, которое им требуется для прохождения

через слои любой природы или толщины. Они проходят также с одинаковой легкостью, независимо от того, находится среда во взбалтывании или в состоянии покоя; и в этом отношении аналогия между светом и теплом совершенна. Лучистое тепло проходит через газы с той же легкостью, что и свет; но наблюдается заметное различие в передаче света и тепла через большинство твердых и жидких веществ, одно и то же тело часто совершенно проницаемо для светящихся и совершенно непроницаемо для тепловых лучей. Например, тонкие и совершенно прозрачные пластины из квасцов и лимонной кислоты ощутимо пропускают все лучи света от аргановой лампы, но задерживают восемь или девять десятых сопутствующего тепла; в то время как большой кусок коричневого горного хрусталя свободно пропускает лучистое тепло, но перехватывает почти весь свет. Квасцы, соединенные с зеленым стеклом, также способны пропускать ярчайший свет, но они не дают ни малейшего признака тепла; в то время как каменная соль, густо покрытая сажой, так что она совершенно непрозрачна для света, пропускает значительное количество тепла. М. Меллони установил общий закон для некристаллизованных веществ, таких как стекло и жидкости, что свойство мгновенной передачи тепла пропорционально их преломляющей способности. Однако этот закон полностью нарушен в телах с кристаллической структурой. Например, карбонат свинца, который бесцветен и обладает очень высокой светопреломляющей способностью, пропускает меньше лучистого тепла, чем исландский шпат или горный хрусталь, которые значительно уступают ему по степени преломления; в то время как каменная соль, которая имеет такую же прозрачность и преломляющую способность, как квасцы и лимонная кислота, пропускает в шесть-восемь раз больше тепла. Это замечательное различие в способности пропускания веществ, имеющих одинаковый внешний вид, М. Меллони объясняет их кристаллической формой, а не химическим составом их молекул, как доказывают следующие эксперименты. Кусок обычной соли, разрезанный на пластинки, полностью исключает тепловое излучение; однако, будучи растворенным в воде, он увеличивает пропускающую способность этой жидкости: более того, пропускающая способность воды увеличивается почти в той же степени, независимо от того, растворены в ней соль или квасцы; однако в твердом состоянии эти два вещества передают очень разное количество тепла. Несмотря на влияние кристаллизации на пропускающую способность тел, не было прослежено никакой связи между этой способностью и кристаллической формой.

Передача лучистого тепла аналогична передаче света через цветные среды. Когда обычный белый свет проходит через красную жидкость, почти все более преломляемые лучи и немного красных задерживаются первым слоем жидкости; меньше задерживается вторым, еще меньше третьим и так далее: пока, наконец, потери не станут очень малыми и неизменными, и будут пропускаться только те лучи, которые придают жидкости красный цвет. Аналогичным образом, когда пластины из любого материала одинаковой толщины, например стекла, подвергаются воздействию лампы арганда, значительная часть лучистого тепла задерживается первой пластиной, меньшая часть - второй, еще меньшая - третьей и так далее, количество теряемого тепла уменьшается, пока, наконец, потеря не станет постоянной величиной. Передача лучистого тепла через твердую массу подчиняется тому же закону. Потери очень значительны при первом попадании в нее, но они быстро уменьшаются по мере того, как тепло проникает глубже, и становятся постоянными на определенной глубине. Действительно, единственная разница между передачей лучистого тепла через твердую массу или через ту же массу, разрезанную на пластины одинаковой толщины, возникает из-за небольшого количества тепла, которое отражается от поверхности пластин. Следовательно, очевидно, что постепенно

теряемое тепло не задерживается на поверхности, а поглощается внутри вещества, и то тепло, которое прошло через один слой воздуха, испытывает меньшее поглощение в каждом из последующих слоев и, следовательно, может распространиться на большее расстояние, прежде чем погаснет. Эксперименты г-на де Лароша показывают, что стекло, каким бы тонким оно ни было, полностью перехватывает неясные тепловые лучи, когда они исходят от тела, температура которого ниже температуры кипящей воды; что по мере повышения температуры тепловые лучи передаются все в большем количестве; и когда тело становится очень светящимся, они проникают сквозь стекло с совершенной легкостью. Чрезвычайная яркость солнца, вероятно, является причиной того, что его тепло, когда оно фокусируется линзой, более интенсивно, чем любое другое, полученное искусственным путем. По той же причине стеклянные экраны, которые полностью исключают тепло обычного огня, проницаемы для солнечного тепла.

Результаты, полученные М. де Ларошем, были подтверждены экспериментами М. Меллони с теплом, излучаемым источниками различной температуры, из которых следует, что тепловые лучи проходят в меньшем количестве не только через стекло, но и через горный хрусталь, исландский шпат и другие прозрачные тела, как твердые, так и жидкие, в зависимости от уменьшения температуры их источника, и что они полностью перехватываются, когда температура приближается к температуре кипящей воды.

Фактически, он доказал, что тепло, исходящее от солнца или от яркого пламени, состоит из лучей, которые отличаются друг от друга так же сильно, как цветные лучи, составляющие белый свет. Это объясняет причину потери тепла по мере того, как оно проникает все глубже и глубже в твердую массу или проходит через ряд пластин; ибо из различных видов лучей, исходящих от яркого пламени, все они последовательно гасятся поглощающей природой вещества, через которое они проходят, пока не останутся только те однородные лучи, которые с наибольшей легкостью проходят через это конкретное вещество; точно так же в красной жидкости гаснут фиолетовые, синие, зеленые, оранжевые и желтые лучи, а пропускаются красные.

М. Меллони, занятых четырех источников тепла, два из которых были светящиеся и двух неясных; а именно, масляную лампу без стекла, лампа накаливания платина медь нагревают до 696° , и медный сосуд, наполненный водой при температуре $178\frac{1}{2}^{\circ}$ Фаренгейта. Каменная соль передает тепло в пропорции 92 луча из 100 от каждого из этих источников; но все другие вещества, проницаемые для лучистого тепла, будь то твердые или жидкие, передают больше тепла от источников с высокой температурой, чем от источников с низкой. Например, прозрачный и бесцветный поток извести пропускал 78 лучей из 100 от лампы, 69 - от платины, 42 - от меди и 33 - от горячей воды; в то время как прозрачный горный хрусталь пропускал 38 лучей из 100 от лампы, 28 - от платины, 6 - от меди и 9 - от горячей воды. Чистый лед пропускал только 6 лучей из 100, исходящих от лампы, и полностью исключал лучи от трех других источников. Из 39 различных веществ 34 пропускали тепловые лучи от горячей воды, 14 исключали тепловые лучи от горячей меди и 4 не пропускали тепловые лучи от платины.

Таким образом, оказывается, что тепло, исходящее от этих четырех источников, разного рода: это различие в природе теплотворных лучей подтверждается также другим экспериментом, который будет легче понять из аналогии со светом. Красный свет, исходящий от красного стекла, будет в изобилии проходить через другой кусок красного стекла, но он будет поглощаться зеленым стеклом; зеленые лучи будут легче проходить через зеленую среду, чем

через среду любого другого цвета. Это справедливо в отношении всех цветов; так же и в жару. Тепловые лучи одинаковой интенсивности, прошедшие через различные вещества, передаются в различных количествах одним и тем же куском квасцов и иногда совсем прекращаются; это показывает, что лучи, исходящие от различных веществ, обладают различными свойствами. По-видимому, яркое пламя излучает тепловые лучи всех видов точно так же, как оно излучает свет всех цветов; и подобно тому, как окрашенные среды пропускают одни цветные лучи и поглощают остальные, так и тела пропускают одни тепловые лучи и исключают другие. Сама по себе каменная соль напоминает бесцветную прозрачную среду, передающую все виды тепла, даже тепло руки, точно так же, как она передает белый свет, состоящий из лучей всех цветов. Лучистое тепло неодинаково преломляется призмой света, подобной каменной соли, и обнаруживается, что рассеянные таким образом тепловые лучи обладают свойствами, аналогичными лучам цветного спектра.

Способность пропускать тепловые лучи в определенной степени уменьшается с увеличением толщины тела, которое им приходится пересекать, но не настолько, как можно было бы ожидать. Кусок очень прозрачных квасцов пропускал в три-четыре раза меньше тепла от пламени лампы, чем кусок почти непрозрачного кварца толщиной примерно в сто раз больше. Однако влияние толщины на явления пропускания возрастает с понижением температуры в источнике лучей и становится очень большим, когда эта температура низкая. Это обстоятельство тесно связано с законом, установленным М. де Ларошем; ибо М. Меллони заметил, что разница между количествами тепла, передаваемого одной и той же стеклянной пластинкой, подвергнутой последовательному воздействию нескольких источников тепла, уменьшается с увеличением толщины пластины и при определенном пределе полностью исчезает; и что пленка слюды передает одинаковое количество тепла, независимо от того, подвергается ли она воздействию раскаленной платины или массы железа, нагретой до 360 °.

Цветные стекла пропускают лучи света определенной степени преломления и поглощают лучи другой степени. Например, красное стекло поглощает более преломляемые лучи и пропускает красные, которые являются наименее преломляемыми. Напротив, фиолетовое стекло поглощает наименее преломляемые вещества, и пропускает фиолетовые, которые являются наиболее преломляемыми. Итак, М. Меллони обнаружил, что, хотя красящее вещество стекла уменьшает его способность передавать тепло, все же красное, оранжевое, желтое, синее, фиолетовое и белое стекло пропускают тепловые лучи всех степеней преломления; тогда как зеленое стекло обладает особым свойством пропускать наименее преломляемые тепловые лучи и останавливать те, которые наиболее преломляются. Следовательно, он оказывает на тепло то же избирательное действие, что цветное стекло на свет, и его воздействие на тепло аналогично действию красного стекла на свет. Квасцы и сульфат извести в точности противоположны зеленому стеклу по своему воздействию на тепло, поскольку пропускают наиболее преломляемые лучи с наибольшей легкостью.

Тепло, которое уже прошло через зеленое или непрозрачное черное стекло, не пройдет через квасцы, в то время как тепло, которое прошло через стекла других цветов, проходит его легко.

Изменив эксперимент и подвергнув различные вещества воздействию тепла, которое уже прошло через квасцы, М. Меллони обнаружил, что тепло, исходящее от квасцов, почти полностью задерживается непрозрачными веществами и в изобилии передается всеми прозрачными и бесцветными веществами, и что оно не подвергается заметным потерям, когда

толщина пластины изменяется в определенных пределах. Таким образом, свойства тепла, выделяемого квасцами, почти приближаются к свойствам света и солнечного тепла.

Лучистое тепло при прохождении различных сред не только становится более или менее способным к повторной передаче, но, согласно экспериментам профессора Пауэлла, оно становится более или менее восприимчивым к поглощению в различных количествах черными или белыми поверхностями.

М. Меллони доказал, что солнечное тепло содержит лучи, на которые различные вещества воздействуют таким же образом, как если бы тепло исходило от земного источника; отсюда он заключает, что наблюдаемая разница между передачей земного и солнечного тепла возникает из-за того, что солнечное тепло содержит все виды тепла, в то время как в других источниках некоторые из видов отсутствуют.

Лучистое тепло, исходящее от источников любой температуры, подчиняется тем же законам отражения и преломления, что и лучи света. Показатель преломления от призмы из каменной соли, определенный экспериментально, почти одинаков для света и тепла.

Жидкости, различные виды стекла и, вероятно, все вещества, твердые или жидкие, которые не кристаллизуются регулярно, более проницаемы для тепловых лучей в соответствии с тем, что они обладают большей преломляющей способностью. Например, хлорид серы, обладающий высокой преломляющей способностью, пропускает больше тепловых лучей, чем масла, обладающие меньшей преломляющей способностью: масла передают больше лучистого тепла, чем кислоты; кислоты - больше, чем водные растворы; а последние - больше, чем чистая вода, которая из всего ряда обладает наименьшей преломляющей способностью и наименее проницаема для тепла. М. Меллони также заметил, что каждый луч солнечного спектра подчиняется тому же закону действия, что и земные лучи, происходящие из источников с разной температурой; так что очень преломляемые лучи могут иметь меньшую теплопроводность. можно сравнить с теплом, исходящим из очага высокой температуры, и наименее преломляемым по сравнению с теплом, исходящим от источника низкой температуры. Таким образом, если заставить тепловые лучи, выходящие из призмы, проходить через слой воды, заключенный между двумя стеклянными пластинами, то окажется, что потери этих лучей при прохождении через жидкость настолько больше, насколько меньше их преломляемость. Тепловые лучи, смешанные с синим или фиолетовым светом, проходят в большом изобилии, в то время как лучи в затемненной части, которая следует за красным светом, почти полностью перехвачены. Следовательно, первые действуют подобно теплу лампы, а последние - как тепло кипящей воды.

Эти обстоятельства объясняют явления, наблюдаемые несколькими философами в отношении точки наибольшего нагрева в солнечном спектре, которая меняется в зависимости от вещества призмы. Сэр Уильям Гершель, который использовал призму из кремнистого стекла, обнаружил, что эта точка находится немного за красной границей спектра; но, согласно М. Сибеку, она находится на желтой, на оранжевой, на красной или на темной границе красного, в зависимости от того, состоит призма из воды, серной кислоты, корончатого или кремнистого стекла. Если вспомнить, что в спектре от crown glass максимум тепла приходится на красную часть и что солнечные лучи, проходя через массу воды, теряют тепло обратно пропорционально своей преломляемости, то будет легко понять причину рассматриваемого явления. Солнечное тепло, которое поступает на переднюю грань водной призмы, состоит из лучей всех степеней

преломления. Итак, лучи, обладающие тем же показателем преломления, что и красный свет, испытывают большие потери при прохождении через призму, чем лучи, обладающие преломляемостью оранжевого света, а последние теряют при прохождении меньше тепла, чем желтый. Таким образом, потери, обратно пропорциональные степени преломления каждого луча, приводят к тому, что точка максимального нагрева смещается от красного к фиолетовому, и поэтому она находится в желтой части. Призма серной кислоты, действуя аналогично, но с меньшей энергией, чем призма воды, отбрасывает точку наибольшего нагрева на оранжевый; по той же причине призмы из корончатого и кремневого стекла переносят эту точку соответственно к красному и к его пределу. М. Меллони, наблюдая, что максимальная точка нагрева передается все дальше и дальше к красному концу спектра, в соответствии с тем, что вещество призмы становится все более и более проницаемым для тепла, сделал вывод, что призма из каменной соли, которая обладает большей способностью пропускать тепловые лучи, чем любое известное тело, должна отбрасывать тепловые лучи соответственно к красному концу спектра. точка наибольшего нагрева находится на значительном расстоянии за пределами видимой части спектра - ожидание, которое эксперимент полностью подтвердил, поместив ее за пределы темного диапазона красных лучей настолько, насколько красная часть удалена от голубовато—зеленой полосы спектра.

Во всех этих экспериментах М. Меллони использовал термоумножитель — прибор, который измеряет интенсивность передаваемого тепла с точностью, намного превосходящей ту, которую когда-либо достигал любой термометр. Это очень элегантное применение открытия М. Зеебеком термоэлектричества; но описание этого прибора приберегается для будущего случая, поскольку принцип, на котором он построен, еще не объяснен.

В начале нынешнего столетия, вскоре после того, как М. Малюс открыл поляризацию света, он и М. Берард доказали, что тепло, сопровождающее солнечный свет, способно поляризовываться; но их попытки полностью провалились с теплом, получаемым от земных, и особенно от несветящихся источников. М. Берард, действительно, вообразил, что ему это удалось; но когда его эксперименты повторили мистер Ллойд и профессор Пауэлл, удовлетворительного результата получить не удалось. М. Меллони вернулся к теме и попытался вызвать поляризацию тепла с помощью турмалина, как в случае с турмалином. свет. Уже было показано, что два куска турмалина, вырезанные параллельно оси кристалла, пропускают большую часть падающего света, когда их оси параллельны, и почти полностью исключают его, когда они перпендикулярны друг другу. Если бы лучистое тепло было способно к поляризации, количество, передаваемое кусочками турмалина в их прежнем положении, должно было бы значительно превышать количество, проходящее через них во втором, однако М. Меллони обнаружил, что количество тепла было одинаковым в обоих случаях: отсюда он сделал вывод, что тепло от земного источника не может быть поляризовано. Профессор Форбс из Эдинбурга, который занимался этим вопросом с большой остротой и успехом, пришел к тому же выводу в первом случае; но ему пришло в голову, что, поскольку кусочки турмалина нагревались при нахождении очень близко к лампе, вторичное излучение от них делало незаметной очень небольшую разницу в теплоте, которая передавалась при двух положениях кусочков турмалина. Тем не менее, ему удалось доказать многочисленными наблюдениями, что тепло от различных источников поляризуется турмалином; но что эффект от несветящегося тепла очень незначителен и его трудно ощутить из-за вторичного излучения. Хотя свет почти полностью исключается в одном положении кусочков турмалина и передается в другом, огромное количество лучистого тепла проходит через них во всех положениях. Восемьдесят четыре

процента. о прошедшем через них тепле от лампы арганда в случае, когда свет был полностью остановлен. Только разница в количестве передаваемого тепла свидетельствует о его поляризации. Второй срез турмалина, когда он перпендикулярен первому, останавливает весь свет, но передает значительную долю тепла; квасцы, напротив, останавливают почти все тепло и пропускают свет; отсюда можно сделать вывод, что тепло, хотя и тесно связано с природой света и сопровождает его при определенных обстоятельствах, например при отражении и преломлении, способно почти полностью отделяться от него при других. С тех пор М. Меллони в совершенстве осуществил разделение, пропустив луч света через смесь воды и зеленого стекла, окрашенного оксидом меди. Даже когда проходящий свет был сконцентрирован линзами так, чтобы сделать его почти таким же ярким, как прямой свет солнца, он не выделял ощутимого тепла.

Затем профессор Форбс использовал два пучка пластинок слюды, расположенных под углом поляризации и обрезанных таким образом, чтобы плоскость падения тепла соответствовала одной из оптических осей этого минерала. Тепло, передаваемое через это устройство, поляризовывалось от источника, температура которого была даже такой низкой, как 200 °; тепло также поляризовывалось при отражении; но эксперименты, хотя и совершенно успешные, проводить сложнее.

Из различных экспериментов М. Меллони и профессора Форбса следует, что все тепловые лучи, исходящие от солнца и земных источников, одинаково способны поляризовываться за счет отражения и преломления, будь то двойного или одинарного, и что они также способны к круговой поляризации всеми методами, используемыми для круговой поляризации света. Пластины из кварца, вырезанные под прямым углом к оси призмы, обладают свойством поворачивать тепловые лучи в одном направлении, в то время как другие пластины из того же вещества из иначе модифицированной призмы заставляют лучи вращаться в противоположном направлении; и две соединенные пластины, имеющие разное воздействие и равную толщину, противодействуют воздействию друг друга, как в случае со светом. Турмалин разделяет тепло на две части, одну из которых он поглощает, а другую передает; короче говоря, передача лучистого тепла в точности аналогична передаче света.

Поскольку тепло поляризуется таким же образом, как и свет, можно ожидать, что поляризованное тепло, проходящее через вещества с двойным преломлением, должно разделяться на два пучка, поляризованных в плоскостях, расположенных под прямым углом друг к другу; и что при попадании на анализирующую пластину они должны интерферировать и вызывать невидимые явления, совершенно аналогичные тем, которые описаны в [разделе XXII](#). что касается света ([N. 221](#)).

В том же разделе было показано, что если смотреть на свет, поляризованный отражением от оконного стекла, через пластинку из турмалина с вертикальным продольным сечением, то на стекле будет видно неясное облако с полностью темным центром. Однако, когда между турмалином и стеклом помещается пластинка слюды толщиной примерно в тринадцатую дюйма, темное пятно исчезает и видна последовательность очень ярких цветов; и, поскольку слюда поворачивается в плоскости, перпендикулярной поляризованному лучу, свет прекращается, когда плоскость, содержащая оптическую ось слюды, параллельна или перпендикулярна плоскости поляризации. Теперь, вместо света, если тепло от несветящегося источника поляризовано описанным способом, оно должно передаваться и останавливаться

вставленной слюдой при тех же обстоятельствах, при которых передавался бы или останавливался поляризованный свет. Профессор Форбс обнаружил, что это действительно так, независимо от того, использовал ли он тепло от светящихся или не светящихся источников: и у него также были доказательства круговой и эллиптической поляризации тепла. Отсюда следует, что если бы тепло было видимым, при аналогичных обстоятельствах мы увидели бы фигуры, совершенно подобные тем, которые приведены в [Примечании 213](#), и тем, которые следуют далее; и, поскольку эти фигуры образованы интерференцией колебаний света, можно сделать вывод, что тепло, как и свет, распространяется волнами эфирной среды, которые при определенных условиях интерферируют и производят фигуры, аналогичные световым. Из экспериментов мистера Форбса также следует, что колебания тепла длиннее колебаний света; и уже упоминалось, что профессор Дрейпер считает их нормальными, как колебания звука.

То, что свет и тепло являются вибрациями эфирной среды, не менее верно и из-за того, что тепловые лучи невидимы, поскольку состояние видимости или невидимости может зависеть только от устройства наших глаз, а не от природы движения, которое вызывает в нас эти ощущения. Чувство видения может быть ограничено определенными пределами. Химические лучи за фиолетовым концом спектра могут быть слишком быстрыми или недостаточно рассеянными по своим колебаниям, чтобы быть видимыми человеческому глазу; а тепловые лучи за другим концом спектра могут быть недостаточно быстрыми или слишком интенсивными по своим колебаниям, чтобы воздействовать на наши зрительные нервы, хотя и то, и другое может быть видно определенным животным или насекомым. Мы совершенно не осведомлены об ощущениях, которые направляют почтового голубя к его дому, или о тех ощущениях в антеннах насекомых, которые предупреждают их о приближении опасности; мы также не можем понять телескопическое зрение, которое направляет стервятника к его добыче еще до того, как он сам становится видимым даже в виде точки в небесах. Точно так же на земле, в воздухе или в воде могут существовать существа, которые слышат звуки, которые наши уши не способны слышать, и которые видят лучи света и тепла, о которых мы не подозреваем. Наше восприятие и способности ограничены очень малой частью той огромной цепи существования, которая простирается от Творца до мимолетности.

Идентичность действия при сходных обстоятельствах является одним из сильнейших аргументов в пользу общей природы химических, видимых и тепловых лучей. Все они способны отражаться от полированных поверхностей, преломляться через прозрачные вещества, поляризовываться отражением и дважды преломляющимися кристаллами; их скорость огромна; они могут концентрироваться и рассеиваться с помощью выпуклых и вогнутых зеркал; они с одинаковой легкостью проходят сквозь каменную соль и способны излучать; и они подчиняются тому же закону интерференции, что и лучи света: следовательно, не может быть никаких сомнений в том, что вся совокупность видимых и невидимых лучей, составляющих солнечный луч, распространяется за счет колебаний эфирной среды, и, следовательно, при движении они подчиняются тем же законам интерференции. анализ.

Когда лучистое тепло падает на поверхность, часть его отражается, а часть поглощается; следовательно, лучшие отражатели обладают наименьшей поглощающей способностью. Температура очень прозрачных жидкостей не повышается при прохождении солнечных лучей, потому что они не поглощают ни одного из них; а поскольку его тепло очень интенсивно, прозрачные твердые частицы задерживают очень малую его часть. Поглощение солнечных лучей является причиной как цвета, так и температуры твердых тел. Черное вещество поглощает

все лучи света и не отражает ни одного; и поскольку оно поглощает в то же время все тепловые лучи, оно быстрее нагревается и достигает более высокой температуры, чем тела любого другого цвета. Синие тела уступают черному по своей поглощающей способности. И поскольку вещества с синим оттенком поглощают все остальные цвета спектра, они поглощают гораздо большую часть тепловых лучей и отражают синий цвет там, где его меньше всего. Следующими по порядку идут зеленые, желтые, красные и, наконец, белые тела, которые отражают почти все лучи как света, так и тепла. Однако существуют определенные прозрачные и бесцветные среды, которые в некоторых случаях перехватывают тепловое излучение и нагреваются, в то время как в других случаях они передают его и не подвергаются изменению температуры.

Можно считать, что все вещества излучают тепло, какой бы ни была их температура, хотя и с разной интенсивностью, в зависимости от их природы, состояния их поверхностей и температуры среды, в которую они помещены. Но каждая поверхность не только излучает тепло, но и поглощает его; и мощность поглощения всегда равна мощности излучения; ибо при тех же обстоятельствах материя, которая быстро нагревается, также быстро охлаждается. Существует постоянная тенденция к равномерному распространению тепла, поскольку каждое тело в природе отдает и получает его в одно и то же мгновение; температура каждого тела будет одинаковой, когда количества тепла, отданного и полученного в течение одного и того же времени, равны, то есть когда происходит совершенная компенсация между каждым и всеми остальными. Наши ощущения измеряют только сравнительные степени теплоты: когда тело, такое как лед, кажется холодным, оно излучает меньше тепловых лучей, чем получает; а когда вещество кажется теплым — например, огонь, — оно отдает больше тепла, чем забирает. Явления росы и инея обусловлены этим неравенством обмена; тепло, излучаемое в течение ночи веществами на поверхности земли в ясное пространство неба, теряется для нас, и голубой свод не возвращается обратно, так что их температура опускается ниже температуры воздуха, откуда они забирают часть того тепла, которое удерживает атмосферную влажность в растворе, и происходит выпадение росы. Если радиация велика, роса замерзает и превращается в иней, который является льдом росы. Облачная погода неблагоприятна для образования росы, препятствуя свободному излучению тепла; и для ее осаждения необходим фактический контакт, поскольку она никогда не висит в воздухе в виде тумана. Растения получают большую часть своего питания из этого источника; и, поскольку каждое из них обладает свойственной ему способностью к излучению, они способны обеспечивать себя достаточным запасом для удовлетворения своих потребностей. Действие химических лучей придает всем веществам в большей или меньшей степени способность конденсировать пары в тех частях тела, на которые они падают, и, следовательно, должно оказывать значительное влияние на осаждение росы. В воздухе может быть низкая степень влажности, которая, тем не менее, может содержать большое количество водяного пара, поскольку пар, пока он существует в виде газа, является сухим. Температура, при которой в атмосфере не может больше содержаться паров без выпадения осадков, называется точкой росы и измеряется гигрометром. В предсказании изменений погоды он едва ли уступает барометру.

Пар образуется по всей массе кипящей жидкости, тогда как испарение происходит только на свободной поверхности жидкостей, и то при обычной температуре и давлении атмосферы. По всей земле происходит постоянное испарение с суши и воды. Скорость образования не зависит полностью от сухости воздуха; согласно экспериментам доктора Дальтона, это зависит также от разницы между натяжением образующегося пара и того, который уже находится в атмосфере. В безветренную погоду пар скапливается в слое воздуха непосредственно над испаряющейся

поверхностью и задерживает образование большего количества; в то время как сильный ветер ускоряет процесс, унося пар, как только он поднимается, и освобождая место для последующей порции сухого воздуха.

Дождь образуется в результате смешивания двух воздушных масс разной температуры; более холодная часть, отводя от другой тепло, удерживающее ее в растворе, заставляет частицы сближаться друг с другом и образовывать капли воды, которые, становясь слишком тяжелыми, чтобы удерживаться атмосферой, опускаются на землю под действием силы тяжести в виде дождя. Соприкосновение двух слоев воздуха разной температуры, быстро движущихся в противоположных направлениях, вызывает обильные осадки в виде дождя. Когда воздушные массы сильно различаются по температуре и внезапно встречаются, образуется град. Это часто происходит на жарких равнинах вблизи горного хребта, как, например, на юге Франции, в результате внезапного налета очень холодного потока ветра на воздушную массу, почти насыщенную парами. Это также является причиной сильных ливней с градом, которые иногда случаются на обширных равнинах в тропиках.

Накопление тепла неизменно приводит к образованию света: за исключением газов, все тела, которые могут выдерживать необходимую степень нагрева без разложения, начинают излучать свет при той же температуре; но когда количество тепла настолько велико, что сродство составляющих их частиц становится меньше, чем их сродство к кислороду атмосферы, с кислородом происходит химическое соединение, выделяются свет и тепло и возникает огонь. Горение— столь необходимое для нашего комфорта и даже существования, происходит очень легко благодаря небольшому сродству между составными частями атмосферного воздуха, поскольку кислород находится почти в свободном состоянии; но, поскольку сила сцепления частиц различных веществ очень изменчива, для их сгорания требуются различные степени нагрева. Стремление тепла к состоянию равной диффузии или равновесия либо за счет излучения, либо при контакте делает необходимым, чтобы химическая комбинация, вызывающая горение, происходила мгновенно; ибо, если бы тепло выделялось постепенно, оно рассеивалось бы постепенно и никогда не накапливалось бы в достаточной степени, чтобы создать температуру, достаточно высокую для выделения пламени.

Это общий закон, согласно которому все тела расширяются под действием тепла и сжимаются под действием холода. Расширяющая сила тепла имеет постоянную тенденцию преодолевать притяжение сцепления и разделять составляющие частицы твердых тел и жидкостей; при таком разделении притяжение агрегации все более и более ослабляется, пока, наконец, оно не будет полностью преодолено или даже заменено отталкиванием. При постоянном добавлении тепла твердые вещества могут переходить в жидкости, а из жидкостей - в газообразное состояние, причем расширение увеличивается с повышением температуры; и каждое вещество расширяется по своему собственному закону. Газы расширяются сильнее, чем жидкости, а жидкости сильнее, чем твердые вещества. Расширение воздуха более чем в восемь раз превышает расширение воды, а увеличение объема воды по меньшей мере в сорок пять раз больше, чем у железа. Металлы равномерно расширяются от точек замерзания до точек кипения, указанных в термометре; равномерное расширение газов простирается в еще более широких пределах; но, поскольку жидкость является переходным состоянием от твердого к газообразному состоянию, равномерное расширение жидкостей имеет не столь широкий диапазон. Это изменение объема, соответствующее изменению тепловыделения, является одним из наиболее важных его последствий, поскольку оно обеспечивает средства измерения

относительной температуры с помощью термометра и пирометра. Скорость расширения твердых тел изменяется при их переходе в жидкое состояние, а скорость расширения ликвидности больше не является одинаковой при переходе их в газообразное состояние. Однако существуют исключения из общих законов расширения; некоторые жидкости имеют максимальную плотность, соответствующую определенной температуре, и расширяются независимо от того, повышается эта температура или понижается. Например, вода расширяется независимо от того, нагревается ли она выше или охлаждается ниже 40 °. Затвердевание некоторых жидкостей, и особенно их кристаллизация, всегда сопровождается увеличением объема. Превращаясь в лед, вода быстро расширяется, причем с силой, достаточной для расщепления самых твердых веществ. Таким образом, образование льда является мощным фактором дезинтеграции и разложения горных пород, действуя как одна из наиболее эффективных причин локальных изменений в структуре земной коры, с которыми мы сталкиваемся в огромных *эбулеменах* в горах Швейцарии. Но профессор У. Томсон экспериментально доказал, что для замораживания воды под давлением требуется более низкая температура, чем в свободном состоянии.

Расширение веществ под действием тепла и их сжатие под действием холода вызывают такие нарушения в ходе хода часов, которые сделали бы их непригодными для астрономических или морских целей, если бы не очень красивое применение законов неравномерного расширения. Колебания маятника такие же, как если бы вся его масса была объединена в одну плотную частицу в определенной точке его длины, называемой центром колебаний. Если бы расстояние от этой точки до точки, в которой подвешен маятник, было неизменным, то неизменным был бы и ход часов. Трудность состоит в том, чтобы нейтрализовать воздействие температуры, которая постоянно увеличивает или уменьшает его продолжительность. Среди многих изобретений компенсационный маятник Грэма является самым простым. Он использовал стеклянную трубку, содержащую ртуть. Когда трубка расширяется под действием тепла, ртуть расширяется гораздо сильнее; так что ее поверхность приподнимается немного больше, чем вдавлен конец маятника, а центр колебаний остается неподвижным. Харрисон изобрел маятник, состоящий из семи стержней из стали и латуни, соединенных в форме решетки таким образом, что если при изменении температуры латунные стержни поднимают груз на конце маятника, то стальные стержни давят на него в той же степени. Как правило, используется только пять слитков; три из них сделаны из стали, а два - из смеси серебра и цинка. Влияние температуры нейтрализуется в хронометрах по тому же принципу; и они доведены до такого совершенства, что потеря или выигрыш одной секунды за двадцать четыре часа в течение двух дней подряд сделали бы хронометр непригодным для использования. Точность геодезических работ зависит от компенсационных стержней, используемых в измерительных базах. Таким образом, разумно применяемые законы неравномерного расширения материи оказывают непосредственное влияние на нашу оценку времени; движения тел в небесах и их падения на землю; на наше определение формы земного шара и на нашу систему мер и весов; на нашу торговлю за границей и размеры наших земель дома.

Расширение кристаллических веществ происходит при совершенно иных обстоятельствах, чем расширение тех, которые не являются кристаллизованными. Последние становятся и длиннее, и толще при нагревании, тогда как М. Мичерлих обнаружил, что первые расширяются по-разному в разных направлениях; и в конкретном случае расширение в одном направлении сопровождается сжатием в другом: например, исландский шпат расширяется в направлении своей оси двойного преломления ([N. 205](#)), но под прямым углом к этой оси он сжимается, что

приближает кристалл к форме куба и уменьшает его двойную преломляющую способность. При нагревании кристаллов сульфата извести две оптические оси (N. 207) постепенно сближаются и, наконец, совпадают; при увеличении нагрева оси снова открываются, но в направлении под прямым углом к их прежнему положению. Экспериментальным путем М. Сенармонт пришел к выводу, что в средах, состоящих из подобных кристаллам ромбоидной системы (N. 169), проводящая способность изменяется таким образом, что, предполагая, что внутри них существует центр нагрева, а среда неограниченно расширена во всех направлениях, изотермические поверхности представляют собой концентрические эллипсоиды вращения вокруг осей симметрии или, по крайней мере, поверхности, лишь незначительно отличающиеся от них. Внутренняя структура кристаллизованного вещества должна быть очень своеобразной, чтобы таким образом изменять расширяющую способность тепла.

Тепло, приложенное к поверхности жидкости, распространяется вниз очень медленно, более теплые и, следовательно, более легкие слои всегда остаются наверху. Вот почему вода на дне озер, питаемых альпийскими цепями, такая холодная, потому что солнечное тепло проникает лишь немного ниже поверхности. Когда тепло подводится ниже уровня жидкости, частицы постоянно поднимаются, поскольку они становятся особенно легкими, и рассеивают тепло по массе, при этом их место постоянно занимают частицы более плотной плотности. Способность проводить тепло в разных жидкостях существенно различается. Ртуть проводит тепло в два раза быстрее, чем равный объем воды, и поэтому она кажется очень холодной. Горячее тело рассеивает свое тепло в воздухе за счет двойного процесса: воздух, соприкасающийся с ним, становится легче, поднимается вверх и рассеивает свое тепло за счет передачи, в то время как в то же время другая часть отводится по прямым линиям за счет силы излучения поверхности. Следовательно, вещество охлаждается быстрее на воздухе, чем в вакууме, поскольку в последнем случае процесс осуществляется только излучением. Вероятно, что земля, изначально имевшая очень высокую температуру, стала холоднее только из-за излучения, поскольку эфирная среда слишком редка, чтобы отводить много тепла при контакте.

Тепло распространяется с большей или меньшей скоростью по всем телам; воздух является худшим проводником и, следовательно, смягчает суровость холодного климата, сохраняя тепло, передаваемое земле солнцем. Напротив, плотные тела, особенно металлы, обладают способностью к проводимости в наибольшей степени, но передача требует времени. Если железный брусок длиной двадцать дюймов нагреть с одной стороны, то для перехода тепла к другой потребуется четыре минуты. Частица металла, которая нагревается первой, передает тепло второй, а вторая - третьей: так что температура промежуточной молекулы в любой момент повышается за счет превышения температуры первой над ее собственной и уменьшается за счет превышения ее собственной температуры над температурой третьей. Однако это не будет температура, указываемая термометром, потому что, как только частица нагревается сильнее, чем окружающая атмосфера, она теряет свое тепло за счет излучения пропорционально превышению ее фактической температуры над температурой воздуха. Скорость разряда прямо пропорциональна температуре и обратно пропорциональна длине стержня. Поскольку существуют постоянные колебания температуры всех земных веществ и атмосферы в результате вращения земли и ее обращения вокруг Солнца, горения, трения, брожения, электричества и бесконечного множества других причин, тенденция к восстановлению равномерности температуры путем передачи тепла должна поддерживать все частицы материи в состоянии постоянных колебаний, которые будут более или менее быстрыми в зависимости от проводящей способности веществ. Из движения небесных тел вокруг своих осей, а также вокруг солнца,

подвергающего их постоянным изменениям температуры, можно сделать вывод, что сходные причины будут производить сходные эффекты и в них. Вращение двойных звезд показывает, что они не находятся в состоянии покоя; и хотя мы совершенно не осведомлены об изменениях, которые могут происходить в туманностях и миллионах других удаленных тел, вряд ли возможно, чтобы они находились в абсолютном покое; так что, насколько нам известно, движение является законом вселенной и непосредственной причиной тепла, как в солнечном луче, так и во всех земных явлениях.

Это ни в коем случае не гипотетично, а основано на фактах и эксперименте. Тепло вырабатывается движением и эквивалентно ему, поскольку мы измеряем тепло движением в термометре. Тепло, выделяемое при ударе, пропорционально силе удара; при повторных ударах железо раскаляется докрасна; а количество тепла, выделяемого при трении, будь то твердое вещество или жидкость, всегда пропорционально приложенной силе: в холодную погоду мы растираем руки, чтобы согреть их, и чем сильнее мы растираем, тем теплее они становятся. Тепло моря после шторма пропорционально силе ветра; и в эксперименте сэра Хамфри Дэви по растапливанию льда трением в приемнике воздушного насоса, поддерживаемого при температуре замерзания, тепло, растопившее лед, было точно пропорционально силе трения. Этот эксперимент доказывает несущественность тепла, поскольку способность льда к выделению тепла меньше, чем у воды. Таким образом, механическое воздействие и тепло эквивалентны друг другу. Мистер Джоуль из Манчестера^[13] доказал, что количество тепла, необходимое для повышения температуры фунта воды на один градус термометра по Фаренгейту, эквивалентно механической силе, развиваемой падением тела весом 772.69 фунтов через перпендикуляр высотой в один фут. Эта величина является механическим эквивалентом тепла. Таким образом, тепло - это движение, и оно измеряется силой. Фактически, на каждую единицу силы, затраченную при трении или ударе, выделяется определенное количество тепла; и наоборот, когда работа выполняется за счет потребления тепла, на каждую полученную единицу силы исчезает единица тепла. Поскольку тепло является динамической силой механического воздействия, между механической работой и теплом должен быть эквивалент как между причиной и следствием. (N. 222.)

Помимо температуры, показываемой термометром, тела поглощают тепло, и их способность к теплопередаче настолько различна, что требуются очень разные количества тепла, чтобы поднять разные вещества до одной и той же ощутимой температуры. Таким образом, очевидно, что большая часть тепла поглощается и становится нечувствительной к термометру. Та часть тепла, которая необходима для повышения температуры тела до заданной, является его удельной теплотой, но скрытое или поглощенное тепло представляет собой расширяющуюся силу или энергию, которая, воздействуя на эфир, окружающий первичные частицы тел, превращает их из твердых в жидкие, а из жидких - в пар или газ. Согласно закону поглощения, передача тепла от теплого тела к холодному является простой передачей силы, при которой сила сжатия точно пропорциональна силе расширения. Лед остается при температуре 32 ° по Фаренгейту до тех пор, пока не поглотит 140 ° тепла, а затем он тает, но без повышения температуры воды выше 32 °. Напротив, когда жидкость превращается в твердое вещество, некоторое количество тепла покидает ее без какого-либо снижения температуры. Таким образом, вода при температуре 32 ° должна отдавать 140 ° тепла, прежде чем она замерзнет. Медленность, с которой замерзает вода или тает лед, является следствием времени, необходимого для того, чтобы эфирная атмосфера вокруг частиц воды сжалась или расширилась с силой, эквивалентной 140 ° тепла. Во время оттепели ощущается значительная

степень холода, поскольку лед при переходе из твердого состояния в жидкое поглощает ощутимое тепло из атмосферы и окружающих объектов. Тепло, поглощаемое и выделяемое при разрежении и конденсации воздуха, точно пропорционально силе, выделяемой и поглощаемой при этих операциях. Фактически, изменения температуры, вызванные этими разрежениями и конденсациями воздуха, показывают, что тепло упругих жидкостей - это механическая сила, которой они обладают; и поскольку температура газа определяет его упругую силу, из этого следует, что упругая сила или давление должны быть результатом движения составляющих частиц в любом газе. Сэр Хамфри Дэви, который первым продемонстрировал нематериальность тепла, выдвинул гипотезу о том, что движение, которое мы называем теплом, представляет собой вращение или вибрацию частиц жидкости, что, согласно м-ру Джоулю, полностью согласуется с наблюдаемыми явлениями, но он предпочитает более простую точку зрения м-ра Хирепата, согласно которой сила упругости или давление возникает из-за удара частиц о любую поверхность, находящуюся под их воздействием. Поглощенное или скрытое тепло можно рассматривать как находящуюся в состоянии покоя энергию, готовую быть восстановленной в виде ощутимого тепла при вызове: ее колебания в виде тепла на время гасятся за счет передачи внутренней расширяющей силы и восстанавливаются за счет сжатия. Поглощенное тепло воздуха и всех эластичных жидкостей может быть вытеснено внезапным сжатием, подобным выжиманию воды из губки. Количество тепла, приводимого в действие таким образом, хорошо иллюстрируется экспериментом с поджиганием трута путем внезапного сжатия воздуха поршнем, толкаемым в цилиндр, закрытый с одного конца. Выделение тепла в колоссальных масштабах проявляется в молнии: оно пропорционально квадрату количества разряженного электричества и обусловлено его чрезмерной скоростью и сильным сжатием воздуха при его прохождении через атмосферу. Огромные количества тепла постоянно поглощаются или высвобождаются в результате изменений, которым подвержены вещества при переходе из твердого состояния в жидкое и из жидкой формы в газообразную и наоборот, вызывая бесконечные перепады температуры по всему земному шару и бесконечные расширения и сжатия, которые являются соответствующими терминами для тепла и холода, в то время как излучение тепла - это просто передача движения от частиц на поверхности тел к прилегающим частицам атмосферы.

При постоянном приложении тепла, то есть расширяющей силы, жидкости превращаются в пар, который невидим и обладает высокой эластичностью. При среднем атмосферном давлении, то есть когда стрелка барометра показывает 30 дюймов, вода в бойлере непрерывно поглощает тепло, пока не достигнет температуры кипения, которая составляет 212 ° по Фаренгейту. После этого он перестает показывать какое-либо увеличение ощутимого тепла; но когда он поглотил дополнительные 1000 ° тепла или расширяющейся энергии, эта энергия преобразует его в пар, а конденсирующая сила, эквивалентная 1000 ° тепла, снова превращает его в воду. Вода кипит при разной температуре и при разном давлении. На вершине горы она кипит при более низкой температуре, чем на равнине внизу, потому что на более высокой станции вес атмосферы меньше. Нет предела температуре, до которой может быть поднята вода: ее можно даже раскалить докрасна, если будет найден достаточно прочный сосуд, способный противостоять давлению, поскольку интенсивность расширяющей силы, которой не позволяет воздействовать экстремальное давление в котле, будет преобразована в ощутимое тепло, которое в конечном итоге может сделать воду докрасна горячей. Таким образом, поскольку сила пара пропорциональна температуре, при которой кипит вода, или давлению,

она находится под контролем, и, возможно, за исключением электричества, это величайшая энергия, которая была поставлена на службу нуждам человека.

Обнаружено, что абсолютное количество тепла, потребляемого в процессе преобразования воды в пар, одинаково при любой температуре кипения воды, но что абсолютная теплота пара больше ровно пропорционально тому, насколько меньше его воспринимаемая теплота. Таким образом, пар, поднятый при температуре 212 ° по Фаренгейту при среднем давлении атмосферы, и пар, поднятый при температуре 180 ° при половинном давлении, содержат одинаковое количество тепла, с той разницей, что у одного больше поглощенного тепла и меньше ощущаемого тепла, чем у другого. Очевидно, что, поскольку для преобразования данного веса воды в пар требуется одинаковое количество тепла, при какой бы температуре или под каким бы давлением вода ни кипятилась, следовательно, в паровой машине одинаковое количество пара высокого и низкого давления вырабатывается одинаковым количеством топлива; и каким бы ни было давление пара, расход топлива пропорционален количеству воды, превращенной в пар. Пар любого напряжения расширяется, когда его выпускают на свободу, но расширение пара высокого давления за счет его ощущаемого тепла настолько велико, что руку можно погрузить в него без травм в тот момент, когда он выходит из отверстия котла. Пар становится более горячим за счет трения при выходе через отверстие, которое поддерживает его в сухом виде, поскольку нет никаких сомнений в том, что пар высокого давления сухой.

Эластичность или натяжение пара, как и обычного воздуха, изменяется обратно пропорционально его объему — то есть, когда занимаемое им пространство удваивается, его сила упругости уменьшается наполовину. Расширение пара неограниченно; наименьшее количество воды, превращенной в пар, займет многие миллионы кубических футов; замечательная иллюстрация мельчайших размеров элементарных частиц материи.

Сила пара, огромная, как сама молния, когда ее не контролировать, является всего лишь результатом химического сродства: это химическое притяжение между частицами углерода, угля или древесины и кислородом атмосферы. М-р Джоуль установил, что фунт самого лучшего угля при сжигании дает достаточно тепла, чтобы повысить температуру 8086 фунтов воды на один градус по Цельсию на термометре, откуда М. Гельмгольц вычислил, что химическая сила, возникающая при сгорании этого фунта угля, способна поднять тело весом в сто фунтов на высоту двадцати миль. . Это *работа*, выполняемая теплом, возникающим при сгорании фунта угля. Во всех случаях, когда работа производится с помощью тепла, затрачивается количество тепла, пропорциональное проделанной работе; и наоборот, при затрате аналогичного количества работы может быть произведено такое же количество тепла. Эквивалентность тепла и работы - это закон природы. Механическая сила, создаваемая, например, паровой машиной, точно пропорциональна потреблению тепла, ни больше, ни меньше; если бы мы могли производить большее количество тепла, чем его эквивалент, мы получили бы вечный двигатель, что невозможно. Механические двигатели не генерируют силу. Мы не можем создавать силу; мы можем только воспользоваться неисчерпаемыми запасами природы, молнией, огнем, водой, ветром, химическим воздействием и так далее. Количество механической энергии в природе всегда одно и то же; оно никогда не увеличивается и никогда не уменьшается во всем круговороте природных сил. Сохранение силы так же постоянно и неизменно, как материя. Какое-то время она может бездействовать, но она всегда существует. Мы не осознаем огромной динамической силы, которая либо активна, либо скрыта по всему земному шару, потому что мы не обращаем на нее внимания. Только за счет приливов и отливов создается сила, с помощью

которой 25 000 кубических миль воды перемещаются по четверти земного шара каждые двенадцать часов; и профессор У. Томсон вычислил с помощью данных Пуйе о солнечной радиации и механического эквивалента тепла м-ра Джоуля, что механическая величина всей активной энергии и потенциала возмущений, поддерживаемых в эфирной среде вибрациями солнечного света в пределах кубической мили нашей атмосферы, равна 12 050 единицам механической силы, то есть в 12 050 раз больше силы, которая подняла бы фунт вещества на высоту одного фута, откуда может быть сформировано некоторое представление об огромном количестве силы, оказываемой солнечным светом в пределах кубической мили нашей атмосферы. (N. 223.)

Динамическая энергия колебаний солнечного света наделяет листья растений способностью разлагать углекислоту и отделять частицы углерода и водорода от кислорода, к которому они имеют столь сильное сродство. При этой операции колебания солнечного луча гасятся в виде света и тепла, и профессор У. Томсон доказал, что количество этих погашенных таким образом колебаний в точности равно созданной таким образом потенциальной энергии покоя, и что именно такое количество света и тепла восстанавливается при сжигании растений, в каком бы состоянии они ни находились; и что, таким образом, как верно и прекрасно заметил мистер Джордж Стивенсон^[14], наши угольные камины и газовые лампы возвращаются к нашему использованию. свет и тепло солнца ранних геологических эпох, которые в течение бесчисленных веков покоились как дремлющие силы под морями и горами. Таким образом, солнце является источником механической энергии всего тепла и движения неодушевленных предметов, всех движений тепла и света костров и искусственного пламени, а также тепла всех живых существ. Для животных высокая температура, повышенный вес или преодоленное сопротивление являются механическими эффектами химического сочетания пищи с кислородом; а пища является прямо или косвенно растительной и, следовательно, зависит от солнца.

Профессор Гельмгольц из Бонна высказал убедительную точку зрения на огромный запас энергии, которым обладает наша система, сравнив его с эквивалентом тепла. Сила, с которой земля движется по своей орбите, такова, что, если бы внезапный толчок остановил ее, при ударе было бы выделено количество тепла, равное тому, которое образуется при сгорании четырнадцати таких земель из твердого угля; и если предположить, что способность земли к выделению тепла такая же низкая, как у воды, земной шар был бы нагрет до 11 200 ° C Он был бы полностью расплавлен и по большей части превратился бы в пар. Если бы он упал на солнце, что, несомненно, произошло бы, количество тепла, выделяемого ударом, было бы в четыреста раз больше.

Применение тепла к различным отраслям механического и химического искусства в течение нынешнего столетия произвело большее изменение в состоянии человека, чем было достигнуто за любой аналогичный период его существования. Вооруженный расширением и конденсацией жидкостей, обладающих силой, равной силе самой молнии, покоряющий время и пространство, он летит над равнинами и путешествует по тропам, проложенным человеческим трудом, даже через горы со скоростью и плавностью, больше похожими на планетарное, чем земное движение; он пересекает бездны вопреки ветру и приливам; ослабляя натяжение троса, он стоит на якоре, не боясь шторма; он делает молнию своим вестником; и подобно волшебнику он поднимает из мрачной бездны шахты солнечный луч прошлых веков, чтобы рассеять полуночную тьму.

Основные явления тепла можно проиллюстрировать сравнением со звуковыми. Их возбуждение не только сходно, но и идентично, как при трении и ударе; они оба передаются посредством контакта и излучения; и доктор Янг отмечает, что эффект лучистого тепла в повышении температуры тела, на которое оно падает, напоминает симпатическое возбуждение струны, когда звук другой струны, находящейся в унисоне с ней, передается по воздуху. Свет, тепло, звук и волны жидкостей подчиняются одним и тем же законам; их волновые теории совершенно схожи: следовательно, интерференция двух горячих лучей должна порождать холод, то есть они должны гасить друг друга: темнота возникает в результате интерференции двух волн света, тишина возникает в результате интерференции двух волн звука, а стоячая вода или отсутствие прилива является следствием интерференции двух приливов. Распространение звука, однако, требует гораздо более плотной среды, чем среда света и тепла; его интенсивность уменьшается по мере увеличения разреженности воздуха, так что на очень небольшой высоте над поверхностью земли шум бури прекращается, и гром больше не слышен в тех безграничных областях, где небесные тела завершают свои периоды в вечной и возвышенной тишине.

Осознание ошибочности наших чувств является одним из важнейших следствий изучения природы. Это исследование учит нас, что ни один объект не видится нами на его истинном месте из-за аберрации; что цвета веществ являются исключительно результатами воздействия материи на свет; и что сам свет, так же как тепло и звук, не являются реальными существами, а простыми движениями, сообщаемыми нашему восприятию нервами. Следовательно, тело человека можно рассматривать как эластичную систему, различные части которой способны воспринимать толчки эластичной среды и вибрировать в унисон с любым количеством наложенных друг на друга колебаний, каждое из которых оказывает свое совершенное и независимое воздействие. На этом наши знания заканчиваются: таинственное влияние материи на разум, по всей вероятности, будет навсегда скрыто от человека.

РАЗДЕЛ XXVIII.

Обычное или статическое электричество, или Электричество напряжения—Двойная сила—Методы ее возбуждения—Притяжение и отталкивание—Проводимость—Электричество и неэлектрика—Индукция—Диэлектрики—Напряжение—Закон электрической силы—Распределение—Законы распределения—Тепло электричества—Электрический свет и его спектр—Скорость—Атмосферное электричество—Его причина—Электрические облака—Сильные эффекты молнии—Обратный удар—Электрическое свечение—Фосфоресценция.

Электричество - это двойная энергия, которая не подает видимых признаков своего существования, когда находится в равновесии, но когда развиваются вызванные силы, способные производить самые внезапные, сильные и разрушительные эффекты в одних случаях, в то время как в других их действие, хотя в целом и менее энергичное, носит неопределенный и непрерывный характер. Эти модификации электрических сил, случайно зависящие от способа, которым они возбуждаются, представляют собой явления большого

разнообразия, но все же настолько связанные, что оправдывают вывод о том, что они происходят из общего принципа. Гипотеза о том, что электричество является жидкостью, несостоятельна при нынешнем развитом состоянии науки; мы знаем только, что это сила, действие которой двоякое; что тела в одном электрическом состоянии притягиваются, а в другом отталкиваются друг от друга; в первом случае говорят, что электричество положительное, во втором - отрицательное; и, таким образом, рассматривая его как силу, способы его действия подпадают под законы механики и математического анализа.

Электричество может быть приведено в действие трением разнородных веществ, как в обычной электрифицирующей машине, механической энергией, теплом, химическим действием и влиянием магнетизма. Мы совершенно не знаем, почему он выводится из своего нейтрального состояния этими средствами или каким образом он существует в телах; но при возбуждении он, по-видимому, вызывает молекулярную полярность или химическое изменение в первичных частицах материи.

Наука разделена на различные отрасли, из которых статическое или обычное электричество рассматривается в первую очередь, включая электричество атмосферы. Вещества в нейтральном состоянии не притягиваются и не отталкиваются. Существует многочисленный класс, называемый электрикой, в которых электрическое равновесие нарушается трением; затем положительное и отрицательное электричество приводятся в действие или разделяются; положительное приводится в движение в одном направлении, а отрицательное - в другом. Электричество одного и того же вида отталкивается, тогда как электричество разных видов притягивается друг к другу. Сила притяжения в точности равна силе отталкивания на равных расстояниях, и когда им не противодействуют, они соединяются с большой скоростью и яростью, вызывая электрическую вспышку, взрыв и шок; затем равновесие восстанавливается. Один вид электричества не может быть выработан без выработки равного количества электричества противоположного вида. Таким образом, когда стеклянную палочку протирают кусочком шелка, в стекле выделяется столько же положительного электричества, сколько отрицательного в шелке. Вид электричества больше зависит от механических условий, чем от природы поверхности; ибо когда две стеклянные пластины, одна полированная, а другая шероховатая, трутся друг о друга, полированная поверхность приобретает положительное, а грубая - отрицательное электричество. Способ, которым осуществляется трение, также изменяет вид электричества. Равные отрезки черной и белой ленты, наложенные продольно друг на друга и натянутые между большим и указательным пальцами так, чтобы их поверхности соприкасались, становятся электрическими. При разделении белая лента приобретает положительное электричество, а черная - отрицательное; но если провести черную ленту по всей длине поперек ширины белой, то при разделении черная лента будет наэлектризована положительно, а белая - отрицательно. Трение резины о стеклянную пластину электризирующей машины приводит к обилию статического электричества. Трение пара о клапан изолированного парового двигателя локомотива производит в семь раз больше электроэнергии, чем электрифицирующая машина произвела бы с пластиной диаметром три фута, работающей со скоростью 70 оборотов в минуту. Давление - это источник электричества, который, как обнаружил г-н Беккерель, является общим для всех тел; но необходимо разделить их, чтобы предотвратить воссоединение электричеств. Когда два вещества любого вида изолируются и спрессовываются вместе, они принимают разные электрические состояния, но они проявляют противоположные электрические свойства только тогда, когда одно из них является хорошим проводником. Когда оба являются хорошими проводниками, их необходимо разделять с

предельной быстротой, чтобы предотвратить возвращение к равновесию. Когда разделение происходит очень внезапно, напряжение двух электричеств может быть достаточно велико, чтобы произвести свет. М. Беккерель приписывает этой причине свет, возникающий при столкновении айсбергов. Исландский шпат наэлектризовывается при малейшем нажатии между большим и указательным пальцами и сохраняет его в течение длительного времени. Все эти обстоятельства зависят от температуры веществ, состояния их поверхностей и атмосферы. Некоторые кристаллические тела становятся электрическими при нагревании, особенно турмалин, один конец которого приобретает положительное, а другой отрицательное электричество, в то время как промежуточная часть нейтральна. Если разломать турмалин посередине, то обнаружится, что каждый осколок обладает положительным электричеством на одном конце и отрицательным - на другом. Электричество вырабатывается веществами, переходящими из жидкого состояния в твердое, а также в результате химического воздействия при образовании и конденсации пара, который является отличным источником атмосферного электричества. Короче говоря, можно в общих чертах утверждать, что когда какая-либо причина стремится разрушить молекулярное притяжение, происходит выработка электричества; если, однако, вещества не будут немедленно разделены, произойдет мгновенное восстановление равновесия.

Электричество может передаваться от одного тела к другому таким же образом, как передается тепло, и, подобно этому, тело теряет при передаче.

Хотя нет вещества, полностью невосприимчивого к электричеству, и нет такого, которое не оказывало бы некоторого сопротивления его прохождению, все же оно легче перемещается через определенный класс веществ, называемых проводниками, таких как металлы, вода, человеческое тело и т. Д., Чем через атмосферный воздух, стекло, шелк и т. Д., Которые поэтому называются непроводниками. На проводящую способность влияют как температура, так и влажность. Земной шар является проводником из-за своей влажности, хотя сухая земля таковой не является. Хотя металлы являются лучшими проводниками электричества, это влияет на их молекулярную структуру, поскольку тепло, сопровождающее его прохождение, действует как поперечная расширяющая сила, которая увеличивает их ширину за счет уменьшения длины, как можно видеть, пропуская электричество через платиновый провод, достаточно толстый, чтобы противостоять плавлению. При прохождении через воздух сила разрушительна из-за его непроводящих свойств, и, по-видимому, она химически воздействует на кислород, образуя вещество, известное как озон, во время его прохождения через атмосферу. Если проводник хороший и достаточного размера, электричество проходит незаметно но оно мгновенно разлетается на куски, если это плохой проводник или слишком маленький, чтобы снять заряд. В этом случае физическое изменение обычно представляет собой разделение частиц или расширение под воздействием тепла, как у деревьев, где влага превращается в пар, но все эти эффекты пропорциональны препятствиям, препятствующим свободе ее распространения.

Считается, что тела, окруженные непроводниками, изолированы, потому что при зарядке электричество не может выйти наружу. Когда это не так, электричество передается на землю: следовательно, невозможно накапливать электричество в проводящем веществе, которое не изолировано. Существует великое множество веществ, называемых неэлектрическими, в которых электричество не вырабатывается ощутимым образом за счет трения, если только они не изолированы, потому что оно уносится их проводящей способностью, как только возникает. Металлы, например, о которых говорят, что они неэлектрические, могут возбуждаться, но,

будучи проводниками, они не могут сохранять это состояние, находясь в контакте с землей. Вполне вероятно, что не существует тел, которые были бы либо совершенными неэлектриками, либо совершенными непроводниками. Но очевидно, что электропроводники в определенной степени не должны быть проводниками, иначе они не смогли бы сохранять свое электрическое состояние.

Тело, заряженное электричеством, хотя и полностью изолировано, так что предотвращается любое утечка электричества, имеет тенденцию вызывать электрическое состояние противоположного рода во всех телах, находящихся поблизости. Положительное электричество имеет тенденцию производить отрицательное электричество в теле, находящемся рядом с ним, и *наоборот*, причем эффект усиливается по мере уменьшения расстояния. Эта способность, которой обладает электричество, вызывая противоположное электрическое состояние в непосредственной близости от него, называется индукцией. Например, лейденская банка или стеклянная банка, наполовину покрытая как снаружи, так и изнутри оловянной фольгой, заряженная положительным электрическим током, немедленно вызывает отрицательное электрическое воздействие на оловянную фольгу снаружи. Несмотря на их сильное взаимное притяжение, стекло, которое не является проводником, препятствует их слиянию; но если олово внутри и снаружи соединить проводящей проволокой, они мгновенно соединяются. Когда тело в любом из электрических состояний предъявляется нейтральному телу, его тенденция в силу закона индукции состоит в том, чтобы нарушать состояние нейтрального тела, индуцируя электричество, противоположное его собственному, на соседней стороне и, следовательно, электрическое состояние, подобное его собственному, в удаленной части. Следовательно, нейтральность второго тела разрушается действием первого, и соседние части двух, имеющих теперь противоположные электрические свойства, будут притягиваться друг к другу. Притяжение между наэлектризованными и неэлектрифицированными веществами является следствием измененного состояния их молекул. Индукция зависит от легкости, с которой может быть преодолено равновесие нейтрального тела, легкости, пропорциональной его проводящей способности. Следовательно, притяжение, оказываемое наэлектризованным веществом на другое вещество, ранее нейтральное, будет гораздо более энергичным, если последнее является проводником, чем если бы оно не было проводником.

Ясно, что одно тело не может воздействовать на другое на расстоянии без каких-либо средств связи. Доктор Фарадей доказал, что промежуточное непроводящее вещество или диэлектрик оказывает большое влияние на индукцию. Таким образом, индуктивная сила больше, когда между двумя телами помещена сера, чем когда диэлектриком является шеллак, и больше, когда диэлектриком является шеллак, чем стекло, и т.д. Профессор Маттеуччи следующим экспериментом доказал, что промежуточное вещество само поляризуется под действием индукции. Несколько соприкасающихся пластинок слюды были помещены между двумя металлическими пластинами, одна из которых была наэлектризована, так что вся она была заряжена, как лейденская банка. При разделении пластин изолирующими ручками каждая пластина из слюды была наэлектризована; одна ее сторона была положительной, а другая отрицательной, что явно демонстрировало индукционную поляризацию по всему промежуточному непроводящему веществу; и таким образом, хотя промежуточное вещество или диэлектрик не способны передавать электрическую силу от одного тела к другому, благодаря индукции они становятся способными передавать ее. В атмосфере индукция передается индукцией промежуточных слоев воздуха. Это правда, что индукция происходит через самый совершенный вакуум, который мы можем создать, но всегда остается некоторое

количество высокоэластичного воздуха; и даже если воздух можно было бы полностью исключить, эфирная среда не может, и она должна быть способна к индукции, поскольку, какой бы ослабленной она ни была, она должна состоять из материальных атомов, иначе она была бы ничтожеством.

Закон электрического притяжения и отталкивания был определен путем подвешивания иглы из жевательной резинки горизонтально на шелковом волокне, на одном конце которого закреплен кусочек наэлектризованного листового золота. Глобус в таком же или противоположном электрическом состоянии, если его поднести к золотому листу, будет отталкивать или притягивать его и, следовательно, заставит иглу вибрировать более или менее быстро в зависимости от расстояния до глобуса. Сравнение количества колебаний, совершаемых за данное время на разных расстояниях, позволит определить закон изменения электрической интенсивности таким же образом, как сила тяжести измеряется колебаниями маятника. Кулон изобрел прибор, который уравнивает рассматриваемые силы силой кручения нити, которая, следовательно, измеряет интенсивность; а сэр Уильям Сноу Харрис сконструировал прибор, с помощью которого он измерил интенсивность электрической силы в терминах веса, необходимого для ее уравнивания. С помощью этих методов было обнаружено, что интенсивность электрического притяжения и отталкивания изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния. Однако закон силы отталкивания подвержен большим нарушениям из-за индуктивного воздействия, которое, как обнаружил сэр Уильям Сноу Харрис, существует не только между заряженным и нейтральным телом, но также и между телами, заряженными подобным образом; и что в последнем случае индуктивный процесс может быть неопределенно модифицирован различными обстоятельствами количества и интенсивности электричества и расстояния между заряженными телами.

Количество электричества, которое тела способны воспринимать, не зависит от пропорции их массы, а зависит главным образом от формы и протяженности их поверхности. Из экспериментов сэра У. С. Харриса явствует, что данное количество электричества, распределенное между двумя совершенно равными и подобными телами, оказывает на внешние тела лишь четвертую часть силы притяжения, видимой при воздействии на одно из них; и если оно распределено между тремя равными и подобными телами, сила составляет одну девятую от той, видимой при воздействии на одно из них. Следовательно, если количество электричества одно и то же, сила изменяется обратно пропорционально квадрату поверхности, на которой оно расположено; а если поверхность одна и та же, сила изменяется прямо пропорционально квадрату количества электричества. Однако эти законы не действуют при изменении формы поверхности. Данное количество электричества, размещенное на данной поверхности, имеет наибольшую интенсивность, когда поверхность имеет круглую форму, и наименьшую интенсивность, когда поверхность расширена в виде неопределенной прямой линии. Уменьшение интенсивности, по-видимому, возникает из-за какого-то особого распределения электричества в зависимости от протяженности поверхности. Это совершенно не зависит от протяженности края, поскольку площадь одна и та же; ибо сэр У. С. Харрис обнаружил, что электрическая интенсивность заряженной сферы одинакова с электрической интенсивностью плоской круглой области той же поверхностной протяженности, а электрическая интенсивность заряженного цилиндра такая же, как если бы его разрезали и расширили до плоской поверхности.

Тот же самый опытный электрик показал, что сила притяжения между наэлектризованным и нейтральным неизолированным телом одинакова, независимо от формы их непротивоположных частей. Таким образом, две полусферы притягивают друг друга с точно такой же силой, как если бы они были сферами; и поскольку сила равна числу действующих точек притяжения, а квадраты соответствующих расстояний обратно пропорциональны, из этого следует, что притяжение между простым кольцом и круглой областью не больше, чем притяжение между двумя подобными кольцами, а сила между сферой и противоположным сферическим сегментом той же кривизны не больше, чем между двумя подобными сегментами, каждый из которых равен данному сегменту.

Электричество может накапливаться в значительной степени в изолированных телах, и до тех пор, пока оно находится в состоянии покоя, оно не вызывает заметных изменений в их свойствах. Когда атмосфера сдерживается непроводящей силой, ее натяжение или давление, которое она оказывает, пропорционально коэрцитивной силе воздуха. Если давление меньше коэрцитивной силы, электричество сохраняется; но в тот момент, когда оно превышает эту силу в какой-либо одной точке, оно улетучивается, и это происходит легче, когда воздух разрежен или насыщен влагой, поскольку сопротивление воздуха пропорционально квадрату его плотности, но индуктивное действие электричества на удаленные тела не зависит от атмосферного давления. Способность удерживать электричество зависит также от формы заряженного тела. Его легче всего удерживать сферой, затем сфероидом, но он легко ускользает из точки, и заостренный объект принимает его с наибольшей легкостью.

Тепло, выделяемое при поражении электрическим током, пропорционально квадрату количества разряженного электричества и настолько сильно, что расплавляет металлы и улетучивает вещества, но его интенсивность не ощущается в полной мере из-за краткости его продолжительности. Он сопровождается светом только тогда, когда электричеству препятствуют при его прохождении через вещество.

Электрический свет, анализируемый призмой, очень сильно отличается от солнечного света. Фраунгофер обнаружил, что вместо фиксированных темных линий спектр электрической искры пересекают многочисленные яркие линии; а профессор Уитстоун заметил, что количество и положение линий различаются в зависимости от металла, из которого взята искра, и считает, что сама искра возникает в результате воспламенения и улетучивания вещества проводника.

Согласно экспериментам сэра Хамфри Дэви, плотность воздуха влияет на цвет. Он пропустил электрическую искру через вакуум над ртутью, которая из зеленой последовательно стала морской, синей и фиолетовой при поступлении разного количества воздуха. Когда над легкоплавким сплавом олова и висмута создавался вакуум, искра была желтоватой и чрезвычайно бледной. Отсюда сэр Хамфри пришел к выводу, что электрический свет в основном зависит от некоторых свойств, принадлежащих весомой материи, через которую он проходит, и что пространство способно проявлять светящиеся проявления, хотя и не содержит заметного количества материи. Он полагал, что поверхностные частицы тел, образующие пар, при отрыве под действием отталкивающей силы тепла могут быть в равной степени разделены электрическими силами и создавать светящиеся явления в вакууме путем разрушения их противоположных электрических состояний.

Скорость электричества настолько велика, что самое быстрое движение, которое может быть создано искусством, по сравнению с ним кажется настоящим покоем. Колесо, вращающееся с

быстротой, достаточной для того, чтобы сделать невидимыми его спицы, при освещении вспышкой молнии на мгновение становится видимым со всеми его отчетливыми спицами, как если бы оно находилось в состоянии абсолютного покоя; потому что, каким бы быстрым ни было вращение, свет приходит и гаснет еще до того, как колесо успевает повернуться на ощутимом расстоянии. Этот прекрасный эксперимент принадлежит профессору Уитстоуну, а также следующему его варианту, который не менее поразителен: если круглый кусок картона разделить на три сектора, один из которых выкрасить в синий цвет, другой - в желтый, а третий - в красный, то при быстром вращении он будет казаться белым из-за быстроты, с которой впечатления от цветов сменяют друг друга на сетчатке. Но в тот момент, когда его освещает электрическая искра, кажется, что он стоит неподвижно, и каждый цвет так же отчетлив, как если бы он находился в состоянии покоя. Эта запредельная скорость электричества была гениально измерена следующим образом профессором Уитстоуном, который установил, что она намного превосходит скорость света.

В горизонтальном диаметре небольшого диска, закрепленного на стене затемненной комнаты, расположены шесть маленьких латунных шариков, хорошо изолированных друг от друга. Изолированный медный провод длиной в полмили разорван посередине, а также около двух его концов; шесть полученных таким образом концов соединены с шестью шариками на диске. Когда электрический разряд пропускается через провод, соединяя два его конца, один с положительным, а другой с отрицательным покрытием лейденской банки, на диске видны три искры, по-видимому, в одно и то же мгновение. На расстоянии около десяти футов расположено маленькое вращающееся зеркало, которое отражает эти три искры во время своего вращения. Из предельной скорости электричества ясно, что, если три искры возникнут одновременно, они отразятся и исчезнут до того, как зеркало ощутимо изменит свое положение, каким бы быстрым ни было его вращение, и они будут видны по прямой линии. Но если три искры не будут переданы на диск одновременно — если, например, одна из них будет позже двух других, — зеркало успеет совершить оборот по бесконечно малой дуге в промежутке между отражением двух искр и отражением единственной. Однако единственным признаком этого небольшого движения зеркала будет то, что одиночная искра отразится не по той же прямой линии, что и две другие, а немного выше или ниже ее, поскольку отражение всех трех все равно будет, по-видимому, одновременным, а промежуток времени между ними будет слишком коротким, чтобы его можно было оценить.

Поскольку известно число оборотов, которые вращающееся зеркало совершает за секунду, и можно измерить угловое отклонение отражения единственной искры от отражения двух других, можно установить время, прошедшее между их последовательными отражениями. И поскольку задана длина той части провода, по которой прошло электричество, можно найти его скорость.

Количество импульсов в секунду, необходимое для получения музыкальной ноты любой высоты, известно; следовательно, количество оборотов, совершаемых зеркалом за данное время, может быть определено по музыкальной ноте, издаваемой зубцом или колышком на его оси вращения, ударяющимся о карту, или по звукам сирены, прикрепленной к оси. Таким образом, профессор Уитстоун обнаружил, что зеркало, которое он использовал в своих экспериментах, совершало 800 оборотов в секунду; и, поскольку угловая скорость отраженного изображения во вращающемся зеркале вдвое больше угловой скорости самого зеркала, угловое отклонение на один градус в появлении двух искр указывало бы на интервал в 576 000-ю долю секунды; следовательно, отклонение на полградуса означало бы более миллионной доли секунды.

Использование звука в качестве меры скорости - удачная иллюстрация взаимосвязи физических наук.

Земля обладает мощным электрическим напряжением, и атмосфера, когда она ясная, почти всегда положительно наэлектризована. Зимой ее электричество сильнее, чем летом, днем - чем ночью. Интенсивность увеличивается в течение двух или трех часов с момента восхода солнца, достигает максимума между семью и восемью часами, затем уменьшается к середине дня, достигает минимума между часом и двумя и снова увеличивается по мере захода солнца примерно до момента захода солнца, после чего она уменьшается и остается слабой в течение ночи. Простая конденсация пара является источником атмосферного электричества; но хотя оно также вырабатывается паром, поднимающимся с поверхности земли, это происходит не при всех обстоятельствах. М. Пуйе обнаружил, что электричество вырабатывается только тогда, когда сопровождается химическим воздействием: например, когда вода, из которой исходит пар, содержит известь, мел или любую твердую щелочь, вырабатывается отрицательное электричество; а когда он содержит в растворе газ, кислоту или некоторые соли, пар становится положительно электрическим. Кроме того, соприкосновение земли с соленой и пресной водой генерирует положительное электричество, а соприкосновение пресных и соленых водных потоков - отрицательное, так что океан должен обеспечивать атмосферу большим запасом; следовательно, грозы наиболее часты вблизи побережий; но поскольку электричество того или иного вида вырабатывается всякий раз, когда молекулы вещества нарушают свое естественное состояние равновесия, в электрическом состоянии воздуха должно быть много частичных изменений. Когда невидимый пар поднимается, заряженный электричеством, в холодные области атмосферы, он конденсируется в облако, в котором напряжение увеличивается, потому что электричество ограничено меньшим пространством; и если конденсации достаточно для образования капель дождя, они переносят электричество на землю, так что, как правило, ливень является проводником между облаками и землей. Когда два облака, заряженные с противоположной силой, но одинакового напряжения, сближаются на определенное расстояние, интенсивность увеличивается на ближайших друг к другу сторонах облаков; и когда напряжение достаточно велико, чтобы преодолеть принудительное давление атмосферы, происходит разряд, который вызывает вспышку молнии, удар которой наносится либо облаком, либо дождем. Фактическое количество электроэнергии в любой части облака чрезвычайно мало. Интенсивность вспышки обусловлена большой протяженностью поверхности, по которой она распространяется, так что облака можно сравнить с огромными лейденскими банками, тонко покрытыми электричеством, которое приобретает свою интенсивность только благодаря мгновенной конденсации. Быстрые и нерегулярные движения грозовых облаков, вероятно, в большей степени обусловлены сильным электрическим притяжением и отталкиванием друг от друга, чем воздушными потоками, хотя и те, и другие, несомненно, участвуют в этих враждебных движениях. Атмосфера становится сильно наэлектризованной с приближением дождя, града, снега, слякоти и ветра; но впоследствии она меняется, и переходы происходят очень быстро с приближением грозы.

Поскольку воздух не является проводником, он не передает электричество от облаков к земле, но приобретает от них противоположный вид, и когда напряжение очень велико, сила электричества становится непреодолимой, и происходит обмен между облаками и землей; но движение молнии настолько быстро, что трудно установить, идет ли она от облаков к земле или устремляется вверх от земли к облакам, хотя не может быть сомнения, что она совершает и то, и другое. Во время грозы, разразившейся в Манчестере в июне 1835 года, было замечено, что

молнии исходили из разных точек дороги, сопровождаемые взрывами, как будто из-под земли стреляли из пистолетов, и человек, по-видимому, был убит одним из этих взрывов, произошедших у него под ногой. М. Гей-Люссак установил, что вспышка молнии иногда проносится более чем на три мили по прямой. Человек может быть убит молнией, хотя взрыв происходит на расстоянии двадцати миль, в результате так называемого удара в спину. Предположим, что два конца сильно заряженного облака свисают к земле, они отразят электричество от поверхности земли, если оно того же вида, что и их собственное, и притянут электричество другого вида; и если на одном конце облака внезапно произойдет разряд, равновесие будет мгновенно восстановлено вспышкой в той точке земли, которая находится под другим. Хотя удар в спину часто бывает достаточно мощным, чтобы разрушить жизнь, он никогда не бывает таким ужасным по своим последствиям, как прямой удар, который часто бывает невообразимой интенсивности. Имели место случаи, когда большие массы железа и камня и даже многофутовые каменные стены были отнесены на значительное расстояние ударом молнии. Скалы и вершины гор часто носят следы оплавления от его сильного жара; и иногда его путь отмечают стекловидные трубки, спускающиеся на много футов в песчаные насыпи. Доктор Фидлер выставял в Лондоне несколько таких фульгоритов значительной длины, которые были выкопаны на песчаных равнинах Силезии и Восточной Пруссии. Один из них, найденный в Падерборне, имел сорок футов в длину. Их разветвления обычно заканчиваются в бассейнах или родниках воды под песком, которые, как предполагается, определяют направление удара молнии. Несомненно, почва и субстраты должны влиять на ее направление, поскольку опытным путем установлено, что места, в которые однажды ударила молния, часто поражаются снова. Изолированный проводник при приближении грозы выделяет такое количество искр, что приближаться к нему опасно, как это было со смертельным исходом испытано профессором Ричманом в Питерсберге, который был смертельно поражен огненным шаром с конца проводника во время экспериментов с атмосферным электричеством. Медные проводники обеспечивают наилучшую защиту, особенно если они имеют широкую поверхность, поскольку электричество передается по поверхности тел. Не известно ни одного случая, когда электрическое облако высокого напряжения рассеивалось проводником, однако те, что были изобретены сэром Уильямом Сноу Харрисом и повсеместно используются на военно-морском флоте, обеспечивают полную защиту в случае самой неминуемой опасности. 50-пушечный фрегат "Шеннон", которым командовал отважный и оплакиваемый сэр Уильям Пил, попал в грозу примерно в 90 милях к северо-западу от Явы. Все началось в пятьдесят минут пятого пополудни; корабль находился в движении перед бурей, в открытом море, среди потоков ярких молний, оглушительного грома, града и дождя. В пять часов огромный огненный шар накрыл грот-фок-мачту, поднялся на фок-мачту и взорвался в воздухе с ужасающим грохотом, покрыв все окружающее пространство электрическими искрами, которые ветер быстро унес в подветренную сторону. Пятнадцать минут спустя огромная масса молний ударила в грот-мачту, сопровождаемая сильным порывом ветра; а четверть часа спустя на нее обрушился еще один мощный разряд. С этого времени и до шести часов корабль постоянно освещали острые раздвоенные молнии, сопровождаемые непрекращающимися раскатами грома. Хотя на самом деле он был окутан электрическим током и получил три удара, ни корпус, ни такелаж не получили ни малейших повреждений.

Когда воздух разрежается из-за высокой температуры, его принудительная сила уменьшается, так что электричество выходит из облаков в виде ярких рассеянных вспышек без грома, столь частых теплыми летними вечерами; а когда атмосфера сильно заряжена электричеством,

нередко случается, что электрический свет в форме звезды виден на топ-мачтах и реях кораблей. В 1831 году французские офицеры в Алжире были удивлены, увидев отблески света на головах своих товарищей и на кончиках их пальцев, когда они поднимали руки. Это явление было хорошо известно древним, которые считали его счастливым предзнаменованием.

Многие вещества, разлагаясь, излучают свет, который приписывают электричеству, например, рыба и гнилая древесина. Устричные раковины и различные минералы фосфоресцируют при определенных температурах под воздействием ударов электрическим током или трения: действительно, большинство причин, нарушающих молекулярное равновесие, приводят к фосфорным явлениям. Минералы, обладающие этим свойством, обычно окрашены или недостаточно прозрачны; и, хотя цвет этого света варьируется в разных веществах, он не имеет фиксированного отношения к цвету минерала. Сильное нагревание полностью разрушает это свойство, и фосфоресцирующий свет, образующийся при нагревании, не имеет никакой связи со светом, образующимся при трении; ибо сэр Дэвид Брюстер заметил, что тела, лишенные способности испускать одно, все еще способны испускать другое. Среди тел, которые обычно становятся фосфоресцирующими под воздействием тепла, есть некоторые образцы, не обладающие этим свойством; поэтому фосфоресценцию нельзя рассматривать как неотъемлемую характеристику минералов, обладающих ею. Сульфур кальция, известный как кантонский фосфор, и сульфур бария, или болонский камень, в значительной степени обладают свойством фосфоресцирования.

Множество рыб наделены способностью излучать свет по своему желанию, без сомнения, для того, чтобы преследовать свою добычу на глубинах, куда не проникают солнечные лучи. Часто можно увидеть, как вспышки света пробегают по косяку сельди или сардины; а племена медуз известны своим фосфоресцирующим блеском, многие из которых чрезвычайно малы и настолько многочисленны, что кильватерный след судна выглядит как серебряная струя. Тем не менее, светящееся явление, которое часто наблюдается в море в летние месяцы, не всегда можно отнести к морским животным, как покажет следующий рассказ:—

Капитан Бонникасл, проходивший залив Святого Лаврентия 7 сентября 1826 года, был разбужен помощником капитана судна в большой тревоге из-за необычного внешнего вида. Была звездная ночь, когда внезапно небо в направлении высокой земли затянулось тучами, и мгновенный и чрезвычайно яркий свет, напоминающий полярное сияние, вырвался из доселе мрачного и темного моря с подветренной стороны, который был настолько ярким, что отчетливо освещал все вокруг, даже верхушку мачты. Свет распространился по всему морю между двумя берегами, и волны, которые прежде были спокойны, теперь начали волноваться. Капитан Бонникасл описывает эту сцену как вспышку ужасного и ослепительного света. Длинная и яркая полоса света, превосходящая по яркости участки моря, расположенные не непосредственно рядом с судном, показывала основание высокой, хмурой и темной суши; небо становилось все более низким и непроницаемым. Длинные извилистые линии света показывали огромное количество очень крупных рыб, мечущихся вокруг, словно в испуге. Рея с парусами и бизань-гик были освещены ярким светом, как будто прямо под ними горели газовые фонари; и незадолго до рассвета, в четыре часа, были отчетливо видны самые мелкие предметы. День наступал очень медленно, и солнце взошло с огненным и угрожающим видом. Последовал дождь. Капитан Бонникасл приказал налить ведро этой огненной воды; при взбалтывании рукой она представляла собой единую массу света, и не в виде искр, как обычно, а в виде настоящих сияний. Часть воды сохраняла свое свечение в течение семи ночей. На третью ночь на море

снова появились искорки; солнце зашло очень необычно, показав при своем спуске двойное солнце; и, когда оно поднялось всего на несколько градусов, его сферическая форма превратилась в форму длинного цилиндра, который достигал горизонта. Ночью море стало почти таким же светящимся, как и раньше, но на пятую ночь это явление полностью прекратилось. Капитан Бонникасл не думал, что это происходит от животных, но предположил, что это может быть какое-то соединение фосфора, внезапно выделившееся и оказавшееся на поверхности моря. Вероятно, это была та особая форма электричества, известная как тлеющий разряд, очень примечательный пример которого автор однажды видел.

М. Э. Беккерель уверяет нас, что почти все вещества фосфоресцируют после воздействия солнца, если их немедленно поместить в темноту, и что это зависит от расположения частиц, а не от химического воздействия. Соли урана излучают такой же фосфоресцирующий свет, как и фиолетовые лучи солнечного спектра. Раствор бисульфата хинина излучает желтый фосфоресцирующий свет, тогда как флуоресцентный свет этой жидкости синий. Цвета этих двух видов света, как правило, дополняют друг друга.

Фосфоресценция, вероятно, в большей или меньшей степени связана, по крайней мере, с некоторыми из серии очень любопытных экспериментов, проведенных М. Ньепсе де Сен-Виктор, над тем, что он называет насыщением веществ светом. Давно известно, что если человек в очень темной комнате подставит руку солнцу через отверстие в оконной ставне, она будет сиять, когда его втянут в темноту. Так вот, месье де Сен-Виктор обнаружил, что если гравюру выставить на определенное время на солнце и немедленно погрузить в темноту, то она произведет фотографический отпечаток на поверхности из коллодия или аргентины, и что все, написанное или нарисованное винной кислотой или раствором солей урана крупными буквами, воспроизводится даже на небольшом расстоянии от чувствительной поверхности. Можно предположить, что свет передает свои колебания поверхностям, подвергающимся его воздействию, с достаточной силой, чтобы они могли нарушить неустойчивое равновесие таких чувствительных веществ, как коллодий или аргентинские соли. М. де Сен-Виктор показал, что винная кислота, на которую легко воздействует солнечный свет, не является ни флуоресцентной, ни фосфоресцирующей, из чего он делает вывод, что его эксперименты независимы от обоих этих способов действия. Уран, по-видимому, обладает очень специфическими свойствами: его соли сильно светятся под воздействием солнца; они очень флуоресцируют; а кристаллизованный азитот урана становится фосфоресцирующим при ударе.

РАЗДЕЛ XXIX.

Вольтовое электричество—Вольтовая батарея—Интенсивность—Количество—Статическое электричество и электричество в движении—Световые эффекты—Мистер Гроув об электрической дуге и свете—Разложение воды—Образование кристаллов под действием вольтового электричества—фотогальваническая гравировка—Проводимость—Тепло от вольтового электричества—Электрическая рыба.

Вольтовое или динамическое электричество вырабатывается силой химического воздействия. Она связана с некоторыми из самых блестящих периодов британской науки, начиная с великопных открытий, к которым она привела сэра Хамфри Дэви и доктора Фарадея.

В 1790 году, когда Гальвани, профессор анатомии в Болонье, проводил эксперименты с электричеством, он был удивлен, увидев судорожные движения конечностей мертвой лягушки, случайно оказавшейся рядом с машиной во время электрического разряда. Хотя подобное действие было замечено задолго до него, он был настолько поражен этим необычным явлением, что тщательно изучил все обстоятельства и, наконец, обнаружил, что конвульсии возникают, когда нерв и мышца лягушки соединены металлическим проводником. Это привлекло внимание всей Европы; и незадолго до этого Вольта, профессор из Павии, показал, что простого контакта различных тел достаточно, чтобы нарушить электрическое равновесие, и что электрический ток течет в одном направлении по цепи из трех проводящих веществ. Исходя из этого, острые рассуждения и эксперименты привели его к созданию гальванического источника, который в своей ранней форме состоял из чередующихся дисков из цинка и меди, разделенных кусками влажной ткани, концы которых были соединены проводами. Это простое устройство, возможно, самый замечательный инструмент, который был изобретен изобретательностью человека, лишив электричество его внезапной и неконтролируемой силы и выдавая непрерывным потоком большее количество при уменьшенной интенсивности, продемонстрировало эту силу в новой и управляемой форме, обладая мощностью самой удивительной и неожиданной. Выражение "ток" не имеет никакого отношения к жидкости, которая в настоящее время считается столь же несовместимой с динамическими явлениями, как и со статическим электричеством. Гроттусом было показано, что передача электрического тока через жидкости состоит из ряда химических соединений, действующих в определенных направлениях; и м-р Гроув, изучив его действие на различные виды материи, пришел к тому же выводу. Действительно, в настоящее время общепринято мнение, что электрический ток - это просто непрерывная передача химического сродства от частицы к частице вещества, через которое он проходит, и, следовательно, что это непрерывная передача силы. Поскольку вольтова батарея стала одним из важнейших двигателей физических исследований, некоторые сведения о ее нынешнем состоянии, возможно, будут уместны.

Нарушение электрического равновесия и выработка электричества неизменно сопровождают химическое воздействие жидкости на металлические вещества, и электричества становится больше всего, когда это действие вызывает окисление. Металлы различаются по количеству электричества, выделяемого их соединением с кислородом. Но наибольшее количество вырабатывается при окислении цинка слабой серной кислотой. И в соответствии с законом, согласно которому один вид электричества не может выделяться без приведения в действие равного количества другого, было обнаружено, что кислота обладает положительным электрическим действием, а цинк - отрицательным. До сих пор не установлено, почему равновесие не восстанавливается при контакте этих двух веществ, которые оба являются проводниками и находятся в противоположных электрических состояниях. Однако электрические и химические изменения настолько взаимосвязаны, что, если равновесие не будет восстановлено, действие кислоты будет продолжаться вяло или прекратится, как только в ней накопится определенное количество электричества. Равновесие, тем не менее, будет восстановлено, и действие кислоты будет непрерывным, если медную пластину поместить в контакт с цинком, погрузив обе в жидкость; поскольку медь, на которую кислота не воздействует, будет служить проводником для передачи положительного электрического тока

от кислоты к цинку, и будет в каждый момент восстанавливать равновесие, и тогда окисление цинка будет идти быстрыми темпами. Таким образом, в формировании электрической цепи участвуют три вещества, но обязательно, чтобы одно из них было жидкостью. Полученное таким образом электричество будет очень слабым при преодолении сопротивления, создаваемого несовершенными проводниками, вставленными в цепь, или очень длинными проводами, но оно может быть увеличено за счет увеличения количества пластин. В обычной гальванической батарее электричество, полученное жидкостью от первой цинковой пластины, подвергшейся ее воздействию, поглощается медной пластиной, принадлежащей второй паре, и передается на вторую цинковую пластину, с которой она соединена. Вторая цинковая пластина, обладающая равной мощностью и действующая в соответствии с первой, таким образом, приобрела большую порцию электричества, чем ее естественная доля, и передает большее количество жидкости во втором элементе. Это увеличенное количество снова передается на следующую пару пластин; и, таким образом, каждое последующее чередование приводит к дальнейшему увеличению количества вырабатываемой электроэнергии. Это действие, однако, прекратилось бы, если бы не был дан выход накопленному электричеству путем установления связи между положительным и отрицательным полюсами батареи с помощью проводов, прикрепленных к крайней пластине с каждого конца. Когда провода соприкасаются, электрическая цепь замыкается, электрические силы встречаются и нейтрализуют друг друга, вызывая удар и другие электрические явления; и затем электрический ток продолжает непрерывно течь по цепи до тех пор, пока длится химическое воздействие. Поток положительного электричества перетекает от цинка к меди. Конструкция и мощность вольтовой батареи были значительно улучшены за последние годы, но наиболее ценным улучшением является постоянная батарея профессора Дэниелла. Во всех батареях обычной конструкции мощность, какой бы энергичной она ни была поначалу, быстро убывает и в конечном итоге становится очень слабой. Профессор Дэниэлл обнаружил, что это уменьшение мощности вызвано прилипанием выделившегося водорода к поверхности меди и выпадением в осадок сульфата, образующегося при действии кислоты на цинк. Он предотвращает последнее, помещая между медью и цинком в ячейке, содержащей жидкость, мембрану, которая, не препятствуя электрическому току, предотвращает перенос соли; и первое, помещая между медью и мембраной раствор сульфата меди, который, будучи восстановленным водородом, предотвращает прилипание этого газа к металлической поверхности. Каждый элемент батареи состоит из полого цилиндра из меди, по оси которого размещен цилиндрический стержень из цинка; между цинком и медью помещен мембранный мешок, который делит элемент на две части, внутренняя из которых заполнена разбавленной кислотой, а та, что ближе к меди, снабжена кристаллами сульфата этого металла. Батарея состоит из нескольких таких элементарных элементов, соединенных между собой металлическими проводами, цинковый стержень одного из которых и медный цилиндр другого, расположенный рядом с ним. Цинковые стержни соединены, так что местного воздействия, которое в обычных случаях настолько разрушительно для цинка, не происходит, и никакое химическое воздействие не проявляется до тех пор, пока цепь не будет завершена. Стержни легко отсоединяются, и по мере износа их заменяют другими. Эта батарея, обладающая значительной мощностью и сохраняющая постоянство своего действия в течение очень длительного времени, значительно превосходит все предыдущие устройства либо как инструмент исследования, либо для демонстрации обычных явлений электрического поля.

Аккумулятор, заряженный только водой, а не кислотой, работает постоянно, но количество вырабатываемого им электричества сравнительно очень мало. Мистер Кросс из Брумфилда в

Сомерсетшире поддерживал батарею такого типа в полной исправности в течение двенадцати месяцев. М. Беккерель изобрел прибор для сравнения интенсивности различных видов электричества с помощью весов; но, поскольку невозможно провести сравнение с вольтовым электричеством, вырабатываемым обычными батареями, из-за постоянного изменения силы тока, которому подвержена, он сконструировал батарею, которая обеспечивает непрерывный поток электричества одинаковой мощности, но при этом очень слабой мощности.

Электрический ток образуется в результате химического соединения кислоты со щелочью.

Металлический контакт не является необходимым для производства электрического тока, который полностью обеспечивается химическим воздействием. Интенсивность электрического поля пропорциональна интенсивности сродства, задействованного в его производстве, а произведенное количество пропорционально количеству вещества, которое было химически активным в ходе его эволюции. Доктор Фарадей считает это определенное производство одним из сильнейших доказательств химического происхождения электричества.

Гальваническое или вольтаическое электричество проявляется в виде двух непрерывных сил или токов, проходящих в противоположных направлениях по цепи: цинк является положительным концом или полюсом батареи, а медь - отрицательным.

Электрическое поле Вольта отличается двумя обозначенными символами. Его интенсивность увеличивается с увеличением количества пластин, а количество - с увеличением протяженности их поверхностей. Наиболее интенсивную концентрацию силы демонстрируют многочисленные серии больших пластин: обильно выделяются свет и тепло, а химическое разложение осуществляется с необычайной энергией; в то время как электричество от одной пары пластин, какого бы размера они ни были, настолько слабое, что не дает никаких признаков ни притяжения, ни отталкивания. Обычное, или статическое, электричество обладает большей интенсивностью и большей способностью преодолевать сопротивление, чем вольтово электричество, но оно воздействует на меньшее количество вещества. Однако, уменьшая размер пластин и увеличивая их количество, мощность батареи может быть увеличена до тех пор, пока она не станет равной мощности электрической машины.

Действие вольтова электричества в некоторых отношениях существенно отличается от действия обычного электричества. Когда накапливается определенное количество обычного электричества, восстановление равновесия сопровождается мгновенным сильным взрывом, сопровождающимся появлением света, тепла и звука. Концентрированная сила электричества прокладывает себе путь сквозь каждое препятствие, нарушая и разрушая сцепление частиц тел, через которые оно проходит, и иногда усиливая его разрушительное воздействие за счет превращения жидкостей в пар от силы кратковременного нагрева, например, когда деревья разрывает на куски ударом молнии. Даже яркий свет, отмечающий путь электрического тока, вероятно, частично обусловлен внезапным сжатием воздуха и быстротой его прохождения. Но в тот момент, когда равновесие восстанавливается этим энергетическим действием, целому приходит конец. Напротив, когда в гальванической батарее происходит накопление, равновесие восстанавливается в момент замыкания цепи. Но электрический поток настолько далек от истощения, что он продолжает течь тихо и незримо в непрерывном токе, обеспечиваемом постоянным воспроизведением. И, хотя его действие на тела не является ни таким внезапным, ни таким интенсивным, как у обычного электричества, все же оно приобретает такую мощь от постоянного накопления и непрерывного действия, что в конечном

счете превосходит энергию другого. Два вида электричества различаются не более чем в выработке тепла. Вместо мгновенной эволюции циркуляция электрического тока сопровождается постоянным выделением тепла, которое длится до тех пор, пока цепь замкнута, не производя ни света, ни звука. Его интенсивность от очень мощной батареи больше, чем у любого тепла, которое может быть получено искусственным путем, так что в нем плавятся вещества, которые противостоят действию самых мощных печей. Температура каждой части самой электрической батареи повышается во время ее работы. При использовании большего количества металлов мистер Гроув обнаружил, что положительный вывод или полюс более горячий, чем отрицательный.

Согласно мистеру Джоулю, количество тепла, выделяемого за единицу времени, пропорционально силе тока, и когда в химическом анализе используется гальванический ток, количество тепла во всей цепи, выделяемое за единицу времени, равно работе, затраченной на его производство, за вычетом работы, затраченной на анализ. Фактически, электрический ток не может проходить через однородный проводник без выделения тепла при преодолении сопротивления, эффект, доказанный мистером Джоулем, пропорционален квадрату силы тока и одинаков в любом направлении, в котором может протекать ток. Любое другое тепловое воздействие, которое может иметь место, должно зависеть от неоднородности цепи и должно быть обратимым в зависимости от тока. Например, если полукруг висмута соединить с полукругом сурьмы, электрический ток, проходя через него, производит холод там, где он переходит от висмута к сурьме путем поглощения, и тепло там, где он переходит от сурьмы к висмуту.

Передача электричества от полюса к полюсу сопровождается появлением света, и вследствие постоянного тока искры возникают каждый раз, когда контакт проводов разрывается или возобновляется; но требуется значительная интенсивность, чтобы электричество могло проложить себе путь через атмосферный воздух или газ. Как на его длину, так и на цвет влияет плотность среды, через которую он проходит. При постепенном разрежении среды разряд увеличивается от искры до яркого свечения, различающегося по цвету в разных газах, но белого в воздухе. При очень сильном ослаблении разряд может пройти через пространство в 6 или 7 футов, в то время как в воздухе обычной плотности он не пройдет и на дюйм. В разреженном газе оно напоминает полярное сияние своими непрерывными вспышками. При мощном аккумуляторе световые эффекты очень яркие.

Самый великолепный из известных искусственных источников света достигается закреплением угольных карандашей на концах проволочек и приведением их в соприкосновение. Этот свет тем более примечателен, что он не зависит от горения, поскольку древесный уголь не претерпевает видимых изменений, а также потому, что он одинаково яркий и в тех газах, которые не содержат кислорода. Это зависит от молекулярного устройства древесного угля; поскольку г-н Гроув отмечает, что “углерод в прозрачном кристаллическом состоянии, таком как алмаз, является совершенным непроводником, насколько мы знаем, в то время как в непрозрачном аморфном состоянии, таком как графит или древесный уголь, он является одним из лучших проводников: таким образом, в одном состоянии он пропускает свет и останавливает электричество, в другом он пропускает электричество и останавливает свет. Заслуживает внимания то обстоятельство, что расположение молекул, которое делает твердое тело способным пропускать свет, наиболее неблагоприятно для передачи электричества, поскольку прозрачные твердые тела являются очень несовершенными проводниками электричества;

поэтому все газы легко пропускают свет, но являются одними из худших проводников электричества, если вообще можно сказать, что они его проводят. Тот факт, что молекулярная структура или расположение тела влияет, более того, я могу сказать, определяет, его проводящую способность, никоим образом не объясняется теорией жидкости; но если электричество - это всего лишь передача силы или движения, влияние молекулярного состояния - это именно то, чего следовало бы ожидать ”.

Профессор Уитстоун, закрепляя металлические наконечники на концах проводов или опор, обнаружил, что внешний вид спектра вольтовой дуги или яркого пламени, видимого между выводами батареи, зависит, как и при статическом электричестве, от металла, из которого оно взято. Спектр излучения ртути состоит из семи определенных лучей, отделенных друг от друга темными промежутками; эти видимые лучи представляют собой две оранжевые линии, расположенные близко друг к другу, ярко-зеленую линию, две голубовато-зеленые линии рядом друг с другом, очень яркую фиолетовую линию и, наконец, синюю линию. То же самое происходит, когда он проходит через углекислый газ, кислород, воздух или вакуум. Излучение цинка, кадмия, олова, висмута и свинца в расплавленном состоянии дает сходные результаты; но количество, расположение и цвет линий в каждом случае настолько различны, а внешний вид настолько различен, что при таком способе исследования металлы можно легко отличить друг от друга. М. Ангстрем считает, что электрическая искра - это наложение двух спектров, один из которых принадлежит металлу, а другой - газу, через который проходит искра, и что яркие линии меняются как в зависимости от газа, так и от металла. В кислородном спектре наибольшее количество ярких линий приходится на синий и фиолетовый цвета, в азотном - на зеленый и желтый, а в водородном - на красный. Эти эффекты обязательно должны быть связаны с химическими и термическими свойствами газов.

Мистер Гроув считает, что цвет вольтовой дуги, или пламени, которое возникает между полюсами очень мощной батареи, зависит от вещества металла, из которого она исходит, и от среды, через которую она проходит. Искра от цинка синяя, от серебра - зеленая, от железа - красная и мерцающая - именно такие цвета дают эти металлы при их обычном горении. Но цвет меняется также в зависимости от среды, через которую проходит свет, ибо при смене среды происходит изменение цвета, свидетельствующее о влиянии промежуточного вещества. Часть металлических выводов или полюсов фактически передается при каждом электрическом или вольтовом разряде, из чего Г-н Гроув делает вывод, что электрический разряд возникает, по крайней мере частично, в результате фактического отталкивания и разрыва самого наэлектризованного вещества, которое отлетает в точках наименьшего сопротивления. Он отмечает, что “явления, сопровождающие электрическую искру или вольтову дугу, имеют тенденцию значительно изменять наше прежнее представление о природе электрической силы как источника воспламенения и горения. Вольтова дуга, возможно, строго говоря, не является ни воспламенением, ни горением. Это не просто воспламенение; потому что вещество выводов не просто доводится до состояния накала, но физически отделяется и частично переносится с одного вывода на другой, большая его часть рассеивается в парообразном состоянии. Это не горение; ибо явления будут происходить независимо от атмосферного воздуха, газообразного кислорода или любого из тел, обычно называемых поддерживающими горение; горение на самом деле является химическим соединением, сопровождаемым теплом и светом. В вольтовой дуге у нас может не быть химического соединения, поскольку, если эксперимент проводить в разряженном приемнике или в азоте, вещество, образующее выводы, конденсируется и осаждается внутри сосуда в, химически говоря, неизменном состоянии. Таким образом,

чтобы привести очень яркий пример, если взять электрический разряд между цинковыми выводами в разряженном приемнике, на стенках приемника осаждается мелкий черный порошок цинка; его можно собрать, и он легко воспламеняется в воздухе при прикосновении к нему спички или подожженной проволоки, мгновенно сгорая до белого оксида цинка. Обычному наблюдателю показалось бы, что цинк сгорает дважды — во-первых, в приемнике, где это явление полностью создает видимость горения, и, во-вторых, при реальном горении в воздухе. Не менее поучителен эксперимент с железом. Железо улетучивается под действием вольтовой дуги в азоте или в разряженном приемнике; и когда на приемнике образуется едва заметная пленка, если ее промыть кислотой, то вместе с ферроцианидом калия образуется осадок берлинской лазури. В этом случае мы легко перегоняем железо, металл, который обычными средствами *легкоплавов* только при очень высокой температуре ”.

Еще одним убедительным доказательством того, что электрический разряд состоит из самого материала, из которого состоят выводы, является особое вращение, которое наблюдается на свету при использовании железа, магнитный характер этого металла заставляет его частицы вращаться под воздействием электрического тока. Короче говоря, мистер Гроув приходит к выводу, что, хотя было бы поспешно утверждать, что электрический разрушающий разряд ни в коем случае не может иметь места без воздействия на клеммы, тем не менее, он не встречал ни одного случая такого результата, при условии, что разряд был достаточно продолжительным, а клеммы находились в таком состоянии, которое, как можно было ожидать, вызвало бы явные незначительные изменения!^[15]

Несколько лет назад мистер Гроув обнаружил, что электрический разряд имеет определенные фазы или приступы переменного характера, образующие кольца попеременного окисления и раскисления на металлических поверхностях. Тщательно отполированная серебряная пластина в воздушном насосе была соединена с полюсом мощной индуктивной батареи, в то время как тонкая металлическая проволока или даже обычная швейная игла была закреплена на другом полюсе и расположена таким образом, чтобы быть перпендикулярной серебряной пластине и находиться очень близко, но не касаться ее. С помощью этого устройства электрический разряд мог быть направлен через любой вид разреженной среды. В некоторых экспериментах на пластине под острием иглы или проволоки формировалась серия концентрических цветных колец из оксида, чередующихся с кольцами из полированного или неокисленного серебра. Когда пластина была предварительно покрыта пленкой оксида, оксид удалялся в концентрических пространствах разрядом и увеличивался на альтернативных, демонстрируя попеременное положительное и отрицательное электричество или электричество противоположного характера в одном и том же разряде.

Когда серебряная пластина была отполирована, центр образованных на ней колец стал желто-зеленым, окруженным сине-зеленым; затем появилось кольцо из полированного серебра, за которым последовало малиновое кольцо с легким оранжевым оттенком на внутренней стороне и темно-фиолетовым на внешней; наконец, указание на полированное. Когда воздушный насос был заполнен ослабленным олефиновым газом, кольца были точно такими же, как те, что видны на тонких пластинах; следовательно, эффект тот же, что и при интерференции света. В этих экспериментах светящийся объект простирался от трех четвертей дюйма до дюйма вокруг кончика иглы или проволоки.

Когда серебряную пластину подсоединили к отрицательному полюсу батарейки, на ней напротив иглы появилось отполированное острие, окруженное темной, нечетко очерченной ареолой коричневого цвета с фиолетовым оттенком, если смотреть в одну сторону, и зеленовато-белым, если смотреть в другую.

В текущем году г-н Гассио, вице-президент Королевского общества, показал, что стратифицированный характер электрического разряда замечательно развит в торричеллианском вакууме. Среди различных экспериментов, проведенных этим джентльменом, два могут быть выбраны как убедительно иллюстрирующие это новое и необычное свойство электрического света.

В закрытой стеклянной трубке внутренним диаметром около дюйма и длиной 38 дюймов, в которой был создан вакуум, два платиновых провода были герметично запаяны на расстоянии 32 дюймов друг от друга и соединены с полюсами индуктивной батареи. Вид свечения на двух полюсах сильно отличался, когда электричество проходило по проводам. Свечение окружало отрицательный полюс, и в близком приближении к свечению появлялось четко очерченное темное пространство, в то время как от положительного полюса или провода свет исходил потоком; но если заряд не будет большим или трубка короткой, поток не будет распространяться на черную полосу, которая полностью отличается от промежуточного пространства. Когда электрические разряды проходили через эту вакуумную трубку, образовывался ряд полос или наслоений, которые были вогнуты по направлению к положительному полюсу; и поскольку при изменениях в замыкании и размыкании цепи электричество исходит от разных выводов или проводов, их вогнутости были в противоположных направлениях.

Когда вместо платиновых проволоочек по внешней стороне стеклянной трубки были нанесены узкие покрытия из фольги, соединенные с проводами аккумулятора, блестящие наслоения заполнили внутреннюю часть трубки между фольговыми покрытиями, но темной полосы не появилось. В настоящее время м-р Гассио склонен полагать, что темная полоса возникает из-за интерференции; но что расслоения возникают из-за пульсаций или импульсов силы, действующей в сильно ослабленной, но сопротивляющейся среде, поскольку даже с помощью самых лучших воздушных насосов невозможно создать совершенную пустоту; он все еще занят экспериментами по этому новому предмету и, без сомнения, получит очень замечательные результаты, из которых ни один не может быть более экстраординарным, чем его открытие мощного влияния магнита на этот электрический свет. Наслоения формируются в трубке в быстрой последовательности платиновыми проволоками и поворачиваются по-разному, но они могут быть разделены в любой части трубки полюсом магнита, вокруг которого имеют тенденцию вращаться все наслоения. Во втором эксперименте, где использовалась фольга, разряд был разделен надвое полюсом магнита, и две части имели тенденцию вращаться вокруг магнита в противоположных направлениях.

Вольтовое электричество является мощным средством в химическом анализе. При передаче через проводящие жидкости он разделяет их на составные части, которые в невидимом состоянии переносит через значительное пространство или количество жидкости к полюсам, где они становятся очевидными. Можно привести множество примеров, но разложение воды, пожалуй, самый простой и элегантный. Предположим, что стеклянная трубка наполнена водой и закупорена с обоих концов; если один из проводов действующей гальванической батареи

пропустить через одну пробку, а другой - через другую пробку в воду, так что концы двух проводов окажутся противоположными и примерно на расстоянии четверти дюйма друг от друга, немедленно произойдет химическое воздействие, и газ будет продолжать подниматься с концов обоих проводов, пока вода не исчезнет. Если затем по трубке пропустить электрическую искру, вода появится снова. Проведя эксперимент таким образом, чтобы газ выделялся каждой проволокой отдельно, было обнаружено, что вода состоит из двух объемов водорода и одного объема кислорода. Водород выделяется на положительном проводе батареи, а кислород - на отрицательном. Оксиды также разлагаются; кислород появляется на положительном полюсе, а металл - на отрицательном. Разложение щелочей и земель сэром Хамфри Дэви положило начало замечательной эпохе в истории науки. Этот знаменитый философ разложил соду, поташ, известь, магнезию и другие вещества, которые до сих пор считались простыми телами, неспособными к разложению, под действием электричества на составные части и доказал, что они представляют собой оксиды металлов. Все химические изменения, производимые электричеством, осуществляются по одному и тому же принципу; и оказывается, что, как правило, горючие вещества, металлы и щелочи поступают на отрицательный провод, в то время как кислоты и кислород выделяются на положительном. Перенос этих веществ к полюсам является не в последнюю очередь замечательным эффектом вольтовой батареи. Хотя полюса находятся на значительном расстоянии друг от друга, более того, даже в отдельных сосудах, если сообщение устанавливается только с помощью некоторого количества влажной нити, по мере разложения составные части проходят через нить в невидимом состоянии и располагаются на своих соответствующих полюсах. Согласно доктору Фарадею, электрохимическое разложение - это просто случай преобладания одного набора химических средств, более мощных по своей природе, над другим набором, менее мощным. А при электрохимическом воздействии любого рода, производимом постоянным током, величина воздействия за данное время почти, если не строго, пропорциональна силе тока. Большая эффективность вольтова электричества при химическом разложении проистекает не из его напряжения, а из количества, приведенного в движение, и продолжительности его действия. Его действие, по-видимому, в наибольшей степени воздействует на жидкости и вещества, которые, передавая электричество, частично и несовершенно препятствуют его продвижению. Но теперь доказано, что он столь же эффективен в композиции, как и при разложении или анализе тел.

Было замечено, что при гальваническом воздействии растворов металлов на отрицательный провод происходит осаждение металла, иногда в виде мельчайших кристаллов. Расширяя этот принцип и используя очень слабое электрическое воздействие, месье Беккерель преуспел в образовании кристаллов значительной части минеральных веществ, в точности подобных тем, которые образуются в природе. Электрическое состояние металлических жил делает возможным, что многие природные кристаллы могли принять свою форму под действием электричества, приводящего их конечные частицы, находящиеся в растворе, в узкую сферу молекулярного притяжения. Кристаллизации способствуют как свет, так и движение. Кристаллы, образующиеся в различных жидкостях, обычно более обильны на той стороне банки, которая подвергается воздействию света; и хорошо известно, что негазированная вода, охлажденная ниже 32 °, превращается в кристаллы льда в тот момент, когда ее взбалтывают. Само по себе слабое действие необходимо при условии, что оно будет продолжаться в течение достаточного времени. Быстро образующиеся кристаллы, как правило, несовершенны и мягки, и М. Беккерель обнаружил, что для кристаллизации некоторых твердых веществ необходимы

даже годы постоянного воздействия напряжения. Если этот закон является общим, то сколько веков может потребоваться для образования алмаза!

Осаждение металла из металлического раствора с помощью гальванического электричества наиболее успешно применялось в искусстве нанесения покрытий и золочения, а также в более тонком процессе копирования медалей и медных пластин. Действительно, не только медали, но и любой объект искусства или природы может быть покрыт осажденным металлом при условии, что он сначала будет покрыт тончайшей пленкой свинца, которая делает непроводящий материал достаточно проводящим для приема металла. От этого зависит фотогальваническая гравировка. Желатин, смешанный с бихроматным калием, нитратом серебра и йодистым калием, распределяют по стеклянной пластинке, и после высыхания на нее лицевой стороной вниз наносят позитивный отпечаток, который при воздействии солнца оставляет свой отпечаток. При замачивании в воде желатин набухает вокруг всех тех частей, на которые падал свет, образуя таким образом глубокую печать, слепок с которой делается из гуттаперчи, которая затем покрывается медью с помощью электропроцесса, в результате чего получается рельефная медная пластина.

Статическое электричество из-за своего высокого напряжения проходит через воду и другие жидкости сразу же после образования, какой бы продолжительности оно ни было. Вольтовое электричество, напротив, ослабляется расстоянием, которое ему приходится преодолевать. Чистая вода - очень плохой проводник; но лед полностью останавливает ток электрического тока, какой бы ни была мощность батареи, хотя статическое или обычное электричество обладает достаточной мощностью, чтобы преодолеть его сопротивление. Доктор Фарадей обнаружил, что это свойство не свойственно льду; что, за некоторыми исключениями, тела, которые не проводят электричество, будучи твердыми, приобретают это свойство и немедленно разлагаются, когда становятся жидкими, и, в целом, что разложение происходит, как только раствор приобретает способность к проводимости, что привело его к подозрению, что способность к проводимости может быть только следствием разложения.

Тепло увеличивает проводящую способность некоторых веществ для получения электрического тока и газов для обоих видов. Доктор Фарадей дал новое доказательство связи между теплом и электричеством, показав, что в целом, когда твердое тело, которое не является металлом, становится жидким, оно почти полностью теряет свою способность проводить тепло, в то время как оно приобретает способность проводить электричество в высокой степени. М. Беккерель считает, что производство тепла и электричества являются сопутствующими; их зависимость такова, что при увеличении одного другое уменьшается, и *наоборот наоборот*, так что одно может полностью исчезнуть с увеличением другого. Например, когда электричество циркулирует по металлическому проводу, чем больше вырабатывается тепла, тем меньше количество проходящего электричества, и наоборот, так что дело протекает так, как если бы электричество преобразовывалось в тепло, а тепло - в электричество. Опять же, в замкнутой гальванической цепи сумма тепла, выделяемого при химическом воздействии подкисленной воды на цинк и в проводящей проволоке, постоянна, так что количество тепла, выделяемого в реакции, увеличивается пропорционально тому, как меньше электричества проходит через провод. Эти и другие обстоятельства доказывают такую тесную связь между производством тепла и электричества, что при изменении состояния веществ электрические эффекты могут исчезать или нейтрализовываться тепловыми эффектами.

Гальванический ток воздействует на все органы чувств: ничто не может быть более неприятным, чем удар, который может даже привести к летальному исходу, если аккумулятор очень мощный. Яркая вспышка света воспринимается с закрытыми глазами, когда один из проводов касается лица, а другой - руки. Прикасаясь к уху одним проводом и держась за другой, слышатся странные звуки; и ощущается кислый привкус, когда положительный провод прикладывается к кончику языка, а отрицательный провод касается какой-либо другой его части. При переворачивании полюсов вкус становится щелочным. Это делает бледный свет светлячка более интенсивным. Мертвые животные пробуждаются от этого, как будто они снова возвращаются к жизни, и в конечном итоге это может оказаться причиной мышечных действий у живых.

Некоторые рыбы обладают способностью производить электрические эффекты. Наиболее примечательными являются *gymnotus electricus*, обитающий в Южной Америке, и *torpedo*, род скатов, часто встречающийся в Средиземноморье. Электрическое действие торпеды зависит от устройства, по-видимому, аналогичного электрическому разряду, который животное может заряжать по своему желанию, состоящего из перепончатых столбиков, заполненных повсюду слоями, отделенных друг от друга жидкостью. Абсолютное количество электричества, вводимого в обращение торпедой, настолько велико, что оно вызывает разложение воды, обладает мощностью, достаточной для изготовления магнитов, вызывает очень сильные удары и электрическую искру. Он идентичен по своей природе гальванической батарее, электричество нижней поверхности рыбы одинаковое с отрицательным полюсом, а электричество верхней поверхности - с положительным полюсом. Способ его действия, однако, несколько иной; ибо, хотя выделение электричества продолжается в течение разумного времени, оно прерывается, передаваясь последовательностью разрядов.

РАЗДЕЛ XXX.

Открытие электромагнетизма—Отклонение магнитной стрелки электрическим током—
Направление Силы—Вращательное движение с помощью электричества—Вращение
провода и магнита—Вращение магнита вокруг своей оси—Ртуть и воды—Электромагнитный
цилиндр или спираль—Подвешивание стрелки в спирали—Электромагнитная индукция—
Временные магниты—Гальванометр.

О тревожном воздействии полярных сияний и молний на компас моряка было известно давно. В 1819 году М. Эрстед, профессор натурфилософии в Копенгагене, обнаружил, что электрический ток Вольта оказывает мощное воздействие на намагниченную стрелку. Это наблюдение дало начало теории электромагнетизма - одной из самых интересных наук современности, независимо от того, рассматривать ли его как ведущий нас на шаг дальше в обобщении, путем выявления двух факторов, которые до сих пор относились к разным причинам, или как развивающую новую силу, не имеющую аналогов в мировой системе, которая, преодолевая замедление от трения и препятствие в виде сопротивляющейся среды, поддерживает вечный двигатель до тех пор, пока продолжается действие вольтовой батареи.

Когда два полюса электрической батареи соединены металлическим проводом, чтобы замкнуть цепь, электричество течет непрерывно. Если прямой участок этого провода поместить параллельно и горизонтально над намагниченной стрелкой, находящейся в состоянии покоя на магнитном меридиане, но свободно ориентированной, как компас моряка, действие электрического тока, протекающего по проводу, мгновенно заставит стрелку изменить свое положение. Его оконечность будет отклоняться с севера на восток или запад, в зависимости от направления, в котором течет ток; и при изменении направления тока движение стрелки также будет обратным. Многочисленные эксперименты, которые были проведены по магнетизму и электричеству, а также эксперименты по различным относительным движениям магнитной стрелки под влиянием гальванического электричества, возникающего при всех возможных положениях проводящего провода и любом направлении электрического тока, вместе со всеми другими явлениями электромагнетизма, объяснены доктором Роже в нескольких превосходных статьях по этим предметам в Библиотеке полезных знаний.

Все эксперименты стремятся доказать, что сила, исходящая от электрического тока, которая оказывает такое воздействие на магнитную стрелку, действует под прямым углом к току. Действие электрического тока на любой полюс магнита имеет тенденцию заставлять полюс не приближаться или удаляться, а вращаться вокруг него. Если предположить, что поток электричества проходит через центр круга, плоскость которого перпендикулярна току, направление силы, создаваемой электричеством, всегда будет касательным к кругу или под прямым углом к его радиусу (N. 223). Следовательно, касательная сила электричества имеет тенденцию заставлять полюс магнита двигаться по кругу вокруг провода батареи.

Вращательное движение было предложено доктором Волластоном. Доктор Фарадей был первым, кому действительно удалось заставить полюс магнита вращаться вокруг вертикального проводящего провода. Чтобы ограничить действие электричества одним полюсом, примерно две трети небольшого магнита были погружены в ртуть, нижний конец которой был прикреплен ниткой ко дну сосуда, содержащего ртуть. Когда магнит таким образом парил почти вертикально, так что его северный полюс возвышался над поверхностью, по проводу, соприкасающемуся с ртутью, был направлен перпендикулярный электрический ток, и магнит немедленно начал вращаться слева направо вокруг провода. Поскольку сила была равномерной, вращение ускорялось до тех пор, пока касательная сила не уравновесилась сопротивлением ртути, когда она стала постоянной. При тех же обстоятельствах южный полюс магнита вращается справа налево. Из этого эксперимента очевидно, что проволоку также можно заставить вращаться вокруг магнита, поскольку действие электрического тока на полюс магнита обязательно должно сопровождаться соответствующей реакцией полюса магнита на электричество в проводе. Этот эксперимент был проведен с помощью огромного количества приспособлений, и даже небольшая батарейка, состоящая из двух пластин, произвела вращение. Доктор Фарадей произвел оба движения одновременно в сосуде, содержащем ртуть; проволока и магнит вращались в одном направлении вокруг общего центра движения, каждый следуя за другим.

Следующим шагом было заставить магнит, а также цилиндр вращаться вокруг своих собственных осей, что они делали с большой скоростью. Ртуть заставили вращаться с помощью электричества Вольта, и профессор Ричи продемонстрировал в Королевском институте странное зрелище вращения воды тем же способом, в то время как сосуд, содержащий ее, оставался неподвижным. Вода находилась в двойном поломанном стеклянном цилиндре и,

будучи превращена в проводник электричества, вращалась в правильном вихре, меняя свое направление по мере того, как полюса батареи попеременно менялись местами. Профессор Ричи обнаружил, что все различные проводники, которые он до сих пор испытывал, такие как вода, древесный уголь и т. Д., Дают одинаковые электромагнитные результаты при передаче одинакового количества электричества и что они в равной степени отклоняют магнитную стрелку, когда их соответствующие оси проводимости находятся на одинаковом расстоянии от нее. Но один из самых экстраординарных эффектов этой силы проявляется при намотке медной проволоки таким образом, чтобы образовалась спираль или штопор, и соединении концов проволоки с полюсами гальванической батареи. Если внутрь винта поместить намагниченный стальной стержень или иглу так, чтобы они опирались на нижнюю часть, то в тот момент, когда по проволоке спирали пропускается электрический ток, стальной стержень поднимается под воздействием этой невидимой силы и остается подвешенным в воздухе вопреки силе притяжения (N. 224). Эффект электромагнитной энергии, создаваемой каждым витком провода, заключается в том, что северный полюс магнита движется в одном направлении, а южный - в другом. Прилагаемое таким образом усилие умножается по степени и увеличивается в объеме при каждом повторении витков проволоки, и вследствие этих противодействующих сил стержень остается подвешенным. Эта спираль обладает всеми свойствами магнита, пока по ней протекает электрический ток, и может быть заменена магнитом почти в каждом эксперименте. Он действует так, как если бы у него был северный полюс на одном конце и южный полюс на другом, и притягивается и отталкивается полюсами магнита точно так же, как если бы он сам был магнитом. Все эти результаты зависят от направления подачи электричества, то есть от направления оборотов винта, в зависимости от того, справа налево оно или слева направо, в обоих случаях противоположно.

Действие электрического тока на магнит не только в точности совпадает с действием двух магнитов друг на друга, но и его влияние на создание временного магнетизма в железе и стали также совпадает с магнитной индукцией. Термин "индукция", применяемый к электрическим токам, выражает способность, которой обладают эти токи, вызывать определенное состояние вещества в непосредственной близости от них, в остальном нейтрального или безразличного. Например, соединительный провод гальванической батареи удерживает железные опилки подвешенными подобно магниту до тех пор, пока через него продолжает проходить ток: железо становится магнитным под действием индукции тока. Самые мощные временные магниты получаются путем сгибания толстого цилиндра из мягкого железа в форме подковы и окружения его катушкой из толстой медной проволоки, покрытой шелком, чтобы предотвратить сообщение между его катушками. Когда этот провод становится частью гальванической цепи, железо становится настолько намагниченным из-за индукции тока, протекающего по проводу, что временный магнит такого типа, изготовленный профессором Генри из Академии Олбани в Соединенных Штатах, выдержал вес почти в тонну. Другой, созданный мистером Гейджем, был со значительным успехом применен в качестве движущей силы: его искра представляет собой яркую вспышку, а щелчок такой же громкий, как у пистолета. Но самый мощный из известных - это тот, который использовал мистер Джоуль в своих экспериментах и который выдерживает вес в 2080 фунтов. Железо теряет свой магнетизм в тот момент, когда электричество перестает поступать, и так же мгновенно приобретает его снова при обновлении цепи.

Действие электрического тока вызывает отклонение стрелки компаса от плоскости магнитного меридиана. По мере удаления стрелки от меридиана интенсивность силы земного магнетизма увеличивается, в то время как в то же время электромагнитная сила уменьшается; количество

градусов, на которых останавливается стрелка, показывая, где происходит равновесие между этими двумя силами, будет указывать на интенсивность гальванического тока. Гальванометр, построенный по этому принципу, используется для измерения интенсивности гальванических токов, собираемых и передаваемых к нему по проводам. Этот инструмент становится гораздо более чувствительным за счет нейтрализации воздействия земного магнетизма на иглу, что достигается путем помещения второй намагниченной иглы таким образом, чтобы противодействовать действию земли на первую — мера предосторожности, необходимая во всех тонких магнитных экспериментах.

С помощью этого прибора было установлено, что действие электрического тока на магнит обратно пропорционально квадрату расстояния, а энергия, с которой действует электромагнит, прямо пропорциональна мощности гальванической батареи и количеству витков вокруг сердечника и обратно пропорциональна сопротивлению провода.

РАЗДЕЛ XXXI.

Электродинамика—Взаимное действие электрических токов—Идентичность электродинамических цилиндров и магнитов—Различия между действием электрического тока и напряжением—Эффекты электрического тока—Теория Ампера—Доктор Эксперимент Фарадея по электризации и намагничиванию луча света.

Наука электромагнетизм, которая должна навсегда запомнить имя М. Эрстеда, связана с взаимным действием электрических и магнитных токов: М. Ампер, открыв взаимное действие электрических токов друг на друга, добавил к предмету новую отрасль, которой он дал название электродинамики.

Когда электрические токи проходят по двум проводящим проводам, подвешенным или поддерживаемым таким образом, что они способны двигаться как навстречу, так и друг от друга, они проявляют взаимное притяжение или отталкивание, в зависимости от того, текут ли токи в одном и том же или в противоположных направлениях; явления варьируются в зависимости от относительного наклона и положения потоков электричества. Взаимное действие таких токов, независимо от того, текут ли они в одном и том же или в противоположных направлениях, являются ли они параллельными, перпендикулярными, расходящимися, сходящимися, круговыми или спиралевидными, все они вызывают различные виды движения в проводящем проводе, как прямолинейные, так и круговые, а также вращение проволоочной спирали, подобной описанной, которая теперь называется электродинамическим цилиндром из-за некоторых улучшений в ее конструкции (N. 225). И поскольку гипотеза о силе, изменяющейся обратно пропорционально квадрату расстояния, полностью согласуется со всеми наблюдаемыми явлениями, эти движения подчиняются тем же законам динамики и анализа, что и любая другая область физики.

Электродинамические цилиндры действуют друг на друга точно так же, как если бы они были магнитами, во время прохождения через них электричества. Все эксперименты, которые можно

провести с цилиндром, можно провести с магнитом. Тот конец цилиндра, в котором ток положительного электричества движется в направлении, подобном движению стрелок часов, действует как южный полюс магнита, а другой конец, в котором ток течет в противоположном направлении, демонстрирует северную полярность.

Эти явления указывают на очень решительное различие между действием электричества в движении или в состоянии покоя, то есть между вольтовым и статическим электричеством; законы, которым они следуют, во многих отношениях имеют совершенно разную природу, хотя сами электрические явления идентичны. Поскольку электрическое напряжение течет постоянно, оно не может накапливаться и, следовательно, не имеет напряжения или тенденции выходить из проводов, по которым оно проходит. Эти провода также не притягивают и не отталкивают легкие тела, находящиеся поблизости от них, тогда как статическое или обычное электричество может накапливаться в изолированных телах в значительной степени, и в этом состоянии покоя тенденция к утечке пропорциональна накопленному количеству и сопротивлению, с которым оно сталкивается. В обычном электричестве закон действия таков, что разнородные электричества притягиваются, а сходные - отталкиваются друг от друга. В вольтовом электричестве, напротив, сходные токи или такие, которые движутся в одном направлении, притягиваются друг к другу, в то время как между разнородными токами или такими, которые текут в противоположных направлениях, возникает взаимное отталкивание. Обычное электричество выделяется при снижении атмосферного давления, но электродинамические эффекты одинаковы независимо от того, находятся ли проводники в воздухе или в вакууме.

Эффекты, производимые электрическим током, зависят от скорости его движения по проводящему проводу. И все же мы не знаем, будет ли движение равномерным или изменяющимся, но метод передачи оказывает заметное влияние на результаты; ибо, когда оно течет без перерыва, это вызывает отклонение магнитной стрелки, но это не имеет никакого эффекта, когда его движение прерывисто, подобно току, вырабатываемому обычной электрической машиной, когда устанавливается связь между положительным и отрицательным проводниками.

М. Ампер установил теорию электромагнетизма, предложенную по аналогии между электродинамическими цилиндрами и магнитами, основанную на взаимном притяжении электрических токов, к которой он сводит все явления магнетизма и электромагнетизма, предполагая, что магнитные свойства, которыми обладают тела, происходят из электрических токов, циркулирующих вокруг каждой части в одном равномерном направлении. Хотя каждая частица магнита обладает сходными свойствами с целым, все же общий эффект такой же, как если бы магнитные свойства были ограничены поверхностью. Следовательно, Ампер приходит к выводу, что внутренние электрические токи должны компенсировать друг друга и что магнетизм тела, следовательно, должен возникать из поверхностного электрического тока, постоянно циркулирующего в направлении, перпендикулярном оси магнита; так что взаимное действие магнитов и все явления электромагнетизма сводятся к действию и реакции поверхностных электрических токов, действующих под прямым углом к их направлению.

Несмотря на эксперименты, проведенные Ампером для выяснения этого вопроса, все еще существует неопределенность в теории индукции магнетизма электрическим током в теле вблизи него. Неясно, действительно ли электрические токи, которых ранее не существовало,

создаются индукцией, или ее эффект заключается только в том, чтобы придать одно равномерное направление бесконечному числу электрических токов, ранее существовавших в частицах тела, и, таким образом, сделать их способными проявлять магнитные явления, точно так же, как поляризация сводит колебания света к одной плоскости, что ранее выполнялось в каждой плоскости. Возможно, и то, и другое может быть объединено для получения эффекта; ибо действие электрического тока может не только придать общее направление тем, которые уже существуют, но также может увеличить их интенсивность. Как бы то ни было, предполагая, что притяжения и отталкивания элементарных частей электрических токов изменяются обратно пропорционально квадрату расстояния, при этом действия находятся под прямым углом к направлению тока, обнаруживается, что притяжение и отталкивание тока неопределенной длины на элементарной части параллельного тока на любом расстоянии от него находятся в простом отношении к кратчайшему расстоянию между ними: следовательно, взаимное действие электрических токов сводится к составу и разрешению сил, так что явления электромагнетизма подчиняются законам механики теорией электромагнитного поля. Ампер. Похоже, что весьма замечательный эксперимент доктора Фарадея по электризации и намагничиванию луча поляризованного света, возможно, может продемонстрировать реальность объяснения Ампером конечной природы магнетизма.

В этом эксперименте медный провод длиной 501 фут был скручен в четыре концентрические спирали, концы которых были соединены с полюсами мощной гальванической батареи, а полированная призма из тяжелого стекла или силицированного бората свинца была помещена по оси спирали в качестве сердечника, через длину или ось которого направлялся луч поляризованного света. Этот луч, наблюдаемый через кусочек турмалина или окуляр фирмы Nichol's, исчезал и появлялся снова, как обычно, при каждой четверти оборота окуляра; но когда электрический ток пропускался через спираль в момент исчезновения луча, он мгновенно появлялся снова и оставался до тех пор, пока продолжал течь электрический ток; но в тот момент, когда электричество прекращалось, свет исчезал, и чем чаще электрический ток протекал по спирали или прерывался, тем чаще появлялся и исчезал поляризованный луч.

Характер силы, действующей таким образом на тяжелое стекло, - это сила вращения, поскольку остановка и возобновление электрического тока имели тот же эффект, что и вращательное движение окуляра, заставляя свет попеременно появляться и исчезать. Соответственно, доктор Фарадей обнаружил, что, когда электричество течет по спирали в одном направлении, вращение плоскости поляризации происходит вправо; а когда оно течет в другом направлении, вращение плоскости поляризации происходит влево, причем вращение увеличивается с увеличением длины призмы и интенсивности электричества. Те же явления были вызваны очень мощным магнитом, когда луч поляризованного света был направлен через тяжелое стекло параллельно линии магнитной силы.

Тяжелое стекло или силико-бورات свинца в большей степени, чем любое другое вещество, обладает свойством заставлять свет вращаться под электрическим и магнитным воздействием; но многие вещества обладают этим свойством в большей или меньшей степени, например, кремень и корончатое стекло, каменная соль, все эфирные масла, вода и многие другие жидкости, но ни один из газов им не обладает. В тех веществах, которые естественным образом обладают способностью к круговой поляризации, магнитные и электрические воздействия увеличивают или уменьшают вращение в зависимости от его направления.

Поляризованное тепло вращается таким же образом, когда среда, через которую оно проходит, подвергается магнитному воздействию.

М-р Гроув замечает, что если свет и тепло являются просто формами силы, а есть все основания полагать, что так оно и есть, то можно справедливо утверждать, что в этих экспериментах магнетизм воздействует на эти силы непосредственно; поскольку свет и тепло, с этой точки зрения, являются движениями обычной материи, магнетизм, воздействуя на эти движения, воздействует на силы, которые их вызывают. Если, однако, этот эффект магнетизма является молекулярным изменением вещества, передающего свет и тепло, то из этого следует, что электричество или магнетизм косвенно влияют на свет и тепло. Доктор Фарадей говорит, что магнитные силы воздействуют на луч света не напрямую, без вмешательства материи, а через посредничество вещества, в котором они и луч существуют одновременно; вещества и силы передают друг другу силу воздействия на свет и получают ее друг от друга. Доктор Томсон показал с помощью математического исследования предмета, что открытие доктора Фарадея, по-видимому, доказывает истинность объяснения Ампером конечной природы магнетизма. Однако, согласно теории Ампера, электрический ток, протекающий вокруг железа, делает его постоянным магнитом, но это не делает тяжелое стекло или другие тела, обладающие тем же свойством, ни временными магнитами, когда внутри них вращается свет, ни постоянными магнитами, когда индуктивное действие электрического тока прекращается. Следовательно, молекулярное состояние веществ, когда в них вращается свет, должно специфически отличаться от состояния намагниченного железа: следовательно, это должно быть новое магнитное состояние, и сила, которой обладает материя в этом состоянии, должна быть новой магнитной силой.

После описания своего замечательного эксперимента доктор Фарадей отмечает, что “он впервые установил истинную, прямую связь и зависимость между светом и магнитными и электрическими силами; и, таким образом, сделано большое дополнение к фактам и соображениям, которые стремятся доказать, что все природные силы связаны друг с другом и имеют одно общее происхождение. Несомненно, при нынешнем состоянии наших знаний трудно выразить наши ожидания в точных терминах; и хотя я сказал, что еще одна из сил природы в этих экспериментах напрямую связана с остальными, я, возможно, скорее должен сказать, что другая форма великой силы отчетливо и непосредственно связана с другими формами; или что великая сила, проявляющаяся в конкретных явлениях в определенных формах, здесь дополнительно идентифицируется и распознается по прямой связи ее формы света с ее формами электричества и магнетизма. Связь, существующая между *поляризованным* светом и магнетизмом и электричеством, даже более интересна, чем если бы было показано, что она существует только с обычным светом. Это не может не распространяться на обычный свет; и, поскольку это относится к свету, который в определенном отношении стал более точным по своему характеру и свойствам благодаря поляризации, это сопоставляет и связывает его с этими силами в той двойственности характера, которой они обладают, и дает возможность, которой нам прежде не доставало, использовать их для исследования природы этого и других излучающих агентов”. Таким образом, эксперимент доктора Фарадея показывает не только растущую связь между науками, но и тенденцию всех сил природы сливаться в одну великую и универсальную силу.

При воздействии магнита на слои электрического разряда м-р Гассио открыл новый пример связи между магнетизмом и светом.

РАЗДЕЛ XXXII.

Магнито-Электричество—Вольта-Электрическая индукция—Магнитоэлектрическая индукция-Идентичность в действии электричества и магнетизма—Описание магнитоэлектрического аппарата и его эффектов—Идентичность магнетизма и электричества-Подводный телеграф.

Исходя из того, что закон действия и противодействия равен и противоположен, можно было бы ожидать, что, как электричество мощно воздействует на магниты, так и, наоборот, магнетизм должен вызывать электрические явления. Доказав этот очень важный факт на основе следующей серии интересных и остроумных экспериментов, доктор Фарадей добавил к науке еще одну отрасль, которую он назвал магнитоэлектричеством. Большое количество медной проволоки было намотано в виде спирали вокруг одной половины кольца из мягкого железа и соединено с гальванической батареей; в то время как аналогичная спираль, соединенная с гальванометром, была намотана вокруг другой половины кольца, но не касалась первой спирали. Как только был установлен контакт с батареей, стрелка гальванометра отклонилась. Но действие было кратковременным, потому что, когда контакт продолжался, игла возвращалась в свое обычное положение и не подвергалась воздействию постоянного тока по проводу, соединенному с батареей. Однако, как только контакт был разорван, стрелка гальванометра снова отклонилась, но в обратном направлении. Аналогичные эффекты были произведены устройством, состоящим из двух спиралей медной проволоки, намотанных вокруг деревянного бруска вместо железной, из чего доктор Фарадей делает вывод, что электрический ток, проходящий от батареи по одному проводу, индуцирует аналогичный ток по другому проводу, но только в момент контакта, и что кратковременный ток индуцируется в противоположном направлении, когда прохождение электричества внезапно прерывается. Было обнаружено, что эти короткие электрические токи или волны способны намагничивать иглы, проходить через небольшое количество жидкости, и, когда в ток индуцированной спирали вставляли угольные наконечники, ощущалась крошечная искра, как только контакты были установлены или разорваны, но ни химического воздействия, ни каких-либо других электрических эффектов получено не было. Отклонение стрелки гальванометра имело место, когда вместо вольтового тока использовались обычные магниты; так что магнитные и электрические силы идентичны по своему действию в этом эксперименте. Опять же, когда спираль, образованная из 220 футов медной проволоки, в которую был вставлен цилиндр из мягкого железа, была помещена между северным и южным полюсами двух стержневых магнитов и соединена с гальванометром проволоками с каждого конца, как только магниты соприкасались с железным цилиндром, она становилась магнитной по индукции и вызывала отклонение стрелки гальванометра. При продолжении контакта стрелка возвращалась в свое естественное положение, и, когда контакт прерывался, происходило отклонение в противоположном направлении; когда магнитные контакты менялись местами, отклонение также менялось на противоположное. При использовании сильных магнитов действие было настолько сильным, что стрелка гальванометра совершала оборот несколько раз подряд; и аналогичные эффекты производились простым приближением или удалением спирали к

полюсам магнитов. Таким образом, было доказано, что магниты оказывают на гальванометр то же воздействие, что и электричество. Хотя в то время эти кратковременные токи, исходящие от магнитов, не производили химического разложения, они приводили в движение конечности лягушки; и доктор Фарадей справедливо замечает, что “вещество, проводимое по металлическим проводам описанным способом, которое, проходя таким образом, обладает особыми магнитными свойствами и силой электрического тока, которое может возбуждать конечности лягушки и, в конце концов, может вызвать искру при разряде через древесный уголь, может быть только электричеством”. Вскоре после этого он полностью установил идентичность двух сил, добыв искру, нагрев металлических проводов и осуществив химическое разложение. Следовательно, оказывается, что электрические токи вырабатываются магнитами, которые производят те же явления, что и электрические токи от вольтовой батареи: они, однако, существенно отличаются в этом отношении — для осуществления магнитоэлектрической индукции требуется время, тогда как вольтаэлектрическая индукция мгновенна.

Таким образом, эффект индукции или влияние спирального провода на увеличение электрической и магнитной мощности действительно очень велик, и этому мы обязаны появлением электрического телеграфа, поскольку одного лишь электрического тока слишком мало, чтобы преодолеть сопротивление длинного провода.

Электрические токи, каково бы ни было их напряжение, вызывают явления индукции; они снова вызывают другие токи в телах, способных к индукции, и так далее до бесконечности; первый и второй текут в одном направлении, остальные попеременно противоположны и прямолинейны. Все они вызывают удар и могут разлагать воду, но при использовании вольта-электрических токов повышение температуры, а также их физиологические и магнитные эффекты вызываются мгновенными воздействиями, которые зависят только от количества и напряжения тока, и ни в коем случае не от его продолжительности, поскольку индуцированные токи существуют только в течение момента, когда цепь батареи разорвана. Наиболее энергичные физиологические эффекты вызываются небольшим количеством электричества, движущегося с большой скоростью. Устройство, впервые использованное доктором Фарадеем, по сути, представляет собой батарею, где действующим веществом является магнитная сила, а не вольтовая, или, другими словами, электричество, и сконструировано таким образом:—

Очень мощный подковообразный магнит, состоящий из двенадцати стальных пластин, расположенных вплотную друг к другу, установлен в горизонтальном положении. Якорь, состоящий из стержня из чистейшего мягкого железа, имеет каждый из своих концов, согнутых под прямым углом, так что при необходимости поверхности этих концов могут быть подведены прямо напротив полюсов магнита и близко к ним. Десять медных проволок, покрытых шелком для их изоляции, намотаны вокруг одной половины стержня из мягкого железа в виде сложной спирали: десять других проволок, также изолированных, намотаны вокруг другой половины стержня. Концы первого набора проводов металлически соединены с круглым диском, который опускается в чашку со ртутью, в то время как концы остальных десяти проводов в противоположном направлении припаяны к выступающему винту, на котором закреплен медный шлиц с двумя противоположными концами. Стальной магнит неподвижен; но когда якорь вместе со своими отростками приводится в вертикальное вращение, край диска всегда остается погруженным в ртуть, в то время как кончики медных пластин попеременно погружаются в нее и поднимаются над ней. По обычным законам индукции якорь становится временным магнитом, пока его изогнутые концы находятся напротив полюсов стального

магнита, и перестает быть магнитным, когда они находятся к ним под прямым углом. Он передает свой временный магнетизм спиральям, которые его концентрируют; и, в то время как один комплект подает ток на диск, другой комплект проводит противоположный ток к медному шлицу. Поскольку край вращающегося диска всегда погружен в ртуть, один комплект проводов постоянно поддерживается в контакте с ним, и цепь замыкается только тогда, когда точка медного шлица также погружается в ртуть; но цепь разрывается в тот момент, когда эта точка поднимается над ней. Таким образом, при вращении якоря цепь попеременно разрывается и возобновляется; и поскольку только в эти моменты проявляется электрическое действие, каждый раз, когда медный наконечник покидает поверхность ртути, возникает яркая искра. Зажигают платиновую проволоку, разряжают электрошоком, достаточно сильным, чтобы вызвать неприятные ощущения, и тем же способом с поразительной быстротой разлагают воду; что, вне всякого сомнения, доказывает идентичность магнитного и электрического действия и ставит доктора Фарадея, чьи эксперименты установили этот принцип, в первый ряд философов-экспериментаторов.

Недавно мистером Хенли была сконструирована магнитоэлектрическая машина огромной мощности. Он состоит из двух постоянных магнитов, от которых получается индукция; каждый из них образован из тридцати магнитов в форме подковы, длиной два с половиной фута и шириной от четырех до пяти дюймов, и каждый окружен катушкой проволоки длиной шесть миль, покрытой шелком для изоляции катушек. Удар от этих проводов привел бы к мгновенной смерти. Это устройство в конечном итоге будет использовано для передачи потока электроэнергии по длинным подводным и подземным проводам; но до сих пор использовалась вольтэлектрическая машина, в которой электричество вырабатывается гальванической батареей вместо магнитов.

Индукция, или эффект спиральных проводов в увеличении мощности электрического тока, превосходно проиллюстрирован в *Atlantic telegraph*.

Провода, предназначенные для передачи электроэнергии под землей или по воде, должны быть защищены от повреждений и изолированы, чтобы предотвратить боковой отвод электричества. Для этой цели кабель, проложенный по дну Атлантики от окрестностей Валентии в Ирландии до залива Тринити в Ньюфаундленде, состоит из семи тонких медных проводов, по которым передается электричество, соединенных между собой покрытием из гуттаперчи, поверх которого нанесены слои ткани, смоченной смолой, а затем все это покрывается стальными проволоками, скрученными в пряди и закрученными длинными плотными спиральями, образующими шнур или кабель не более дюйма с четвертью в диаметре и длиной 2100 миль. Гуттаперча используется для изоляции проводов; другие покрытия предназначены только для защиты.

Электрическая батарея, вырабатывающая электричество, состоит из 40 элементов, пластины которых выполнены попеременно из цинка и платинированного серебра, каждая площадью около девяти дюймов, а возбуждающей жидкостью является разбавленная серная кислота. Хотя сила, развиваемая этой батареей, настолько велика, что кусок железа длиной в три дюйма и диаметром в три восьмых дюйма, помещенный в контакт с полюсами, может быть израсходован за несколько минут, она абсолютно неспособна пропускать электрический ток по проводам длиной 2500 миль из-за их сопротивления без помощи индуктивного действия доктора Фарадея. Это всего лишь первичный агент для создания тока достаточной силы.

Для достижения этой цели многие тысячи ярдов тонкой медной проволоки, покрытой шелком, наматываются на полый цилиндр из мягкого железа; затем все это покрывается гуттаперчей, а конец проволоки соединяется с проволоками кабеля таким образом, чтобы образовать непрерывную линию от Валентии до Ньюфаундленда. Второй медный провод, короче, но толще предыдущего, и также изолированный шелковым покрытием, наматывается на цилиндр над гуттаперчей: когда концы этого толстого провода соприкасаются с полюсами батареи, по нему между полюсами проходят электрические токи, которые при прохождении временно превращают полый железный цилиндр в мощный электромагнит, который своей реакцией индуцирует электрический ток в тонком проводе достаточной мощности, чтобы пересечь Атлантику. Эффективность электрического телеграфа зависит от способности, которой мы обладаем, прерывать и возобновлять ток по своему усмотрению, поскольку с помощью этого средства от станции к станции передаются четкие и последовательные сигналы. По атлантическому кабелю положительное и отрицательное электричество передается попеременно; электричество отправляется в Америку с альтернативных полюсов, и ток снова возвращается через воду, которая замыкает цепь.

Прохождение электричества через кабель или телеграфных проводов в воздух толково мгновенно, что через кабель, будет ли продлен в воде или под землей, требует времени на счет боковых индукции через гуттаперчи; за электричество, проходя по проводам, индуцирует обратное электричество на поверхности воды или влажной земли в контакт с кабелем, и в этой связи именно как Лейденская банка, опять гуттаперчи, представляющий стекла. Поскольку мощность индукции пропорциональна электрическому напряжению, и поскольку напряжение постоянно уменьшается из-за сопротивления проводов, индукция постоянно уменьшается и требует более длительного времени. Электричеству потребовалось две секунды, чтобы пройти по кабелю длиной 768 миль, проложенному под землей от Лондона до Манчестера и дважды обратно; в то время как в воздухе это произошло почти мгновенно, потому что индуктивная способность воздуха намного меньше, чем у воды или влажной земли. В эксперименте с кабелем под землей потребовалось две трети секунды, чтобы преодолеть сопротивление проводов, а затем скорость распространения электричества составила 1000 миль в секунду, и она была одинаковой независимо от интенсивности электричества.

Уже упоминалось, что эффективность электрического телеграфа зависит от прерывания и возобновления электрического тока, посредством которого по проводящим проводам посылаются последовательность электрических волн. В настоящее время установлено, что три электрические волны могут проходить одновременно по проводам Atlantic telegraph с достаточными интервалами между ними для регистрации показаний, которые они предназначены передавать; то есть три сигнала могут быть понятны и практически переданы за две секунды.

Оригинальный дизайн, структура и сложность укладки кабеля сравнимы только с талантом и настойчивостью, с которыми это было сделано. 5 августа 1858 года запомнится завершением самого смелого предприятия, когда-либо предпринятого человеком, и это только начало обширного подводного сообщения, которое в конечном итоге опоясает земной шар. Британскому гению было даровано таким образом уничтожить время и пространство, чтобы соединить все человечество в одну большую семью для их морального и религиозного развития; и, какой бы ни была судьба Британских островов на протяжении веков, их энергичной расе останется слава о том, что они были главными инструментами в руках Провидения для

мировой цивилизации — цивилизации, которая с развитием их многочисленных колоний превратится в великие независимые христианские государства, подобные Союзу в Северной Америке. Молния, сорванная Франклином с небес, теперь проходит через глубины Атлантики как вестник мира между родственными нациями.^[16]

В наземных телеграфах напряжение батареи или магнитов увеличивается за счет индукции по тому же принципу. Именно благодаря интенсивности электрический ток может проходить по проводам, и это усиливается за счет увеличения количества витков вокруг цилиндра: однако это выгодно только тогда, когда расстояние между станциями велико, поскольку тогда сопротивление в дополнительных катушках составляет небольшую долю от сопротивления, оказываемого очень длинными проводами, но очень большую долю от сопротивления, оказываемого очень короткими проводами. Точная настройка для каждого случая была определена экспериментами выдающихся электриков, и все устройства были доведены до великого совершенства в этом замечательном триумфе науки, который принадлежит Вольте, вызвавшему к жизни огненный поток, и Фарадею, придавшему ему энергию молнии.

Когда длина провода в спиралях электромагнита очень велика, это создает возрастающее сопротивление прохождению электричества, так что прекращение магнетизма не происходит мгновенно при разрыве контакта с гальванической батареей. Для устранения этого недостатка был изобретен прибор, который мгновенно лишает аппарат остатков электроэнергии. Тонкая проволока большой длины вызывает самые сильные удары, в то время как более короткая и толстая проволока дает самые длинные искры и воспламеняет наибольшее количество платиновой проволоки.

Румкорфа электро-индуктивный прибор имеет ни была улучшена, и новые машины, построенные по гг. Роща, Гассиот, и Джоуль, интенсивной энергии. Действительно, энергия электроиндукции настолько велика, что возлагались надежды на то, что она заменит пар в качестве движущей силы. Ибо электрический ток от электромагнита можно заставить течь в противоположных направлениях, чтобы производить попеременное притяжение и отталкивание и, следовательно, непрерывное движение, которое может быть применено в качестве движущей силы к механизмам. Однако мистер Джоуль доказал, что мощность, вырабатываемая при сжигании одного фунта угля, равна мощности, вырабатываемой одним фунтом цинка, потребляемого в мощном электромагнитном устройстве мистера Гроува, в соотношении девять к одному, так что, даже если бы цинк был таким же дешевым, как уголь, а вольтову батарею было бы так же легко содержать в порядке, как моторную топку, электричество не вытеснило бы пар в качестве движущей силы.

Электрический ток, проходящий по проводнику, выделяет определенное по фиксированным законам количество тепла, количество которого неизменно до тех пор, пока машина, к которой он применяется, остается в состоянии покоя; но в тот момент, когда машина приводится в движение, происходит реакция интенсивности тока, вызывающая уменьшение количества тепла, поскольку исчезающее тепло преобразуется в механическую силу, прилагаемую двигателем.

Эксперименты мистера Джоуля доказывают, что всякий раз, когда магнитоэлектрическая машина вырабатывает электрический ток, количество тепла, выделяемое этим током, имеет постоянное отношение к мощности, необходимой для работы машины; и с другой стороны, всякий раз, когда двигатель работает от гальванической батареи, вырабатываемая мощность

достигается за счет теплотворной способности батареи при заданном потреблении цинка, при этом производимый механический эффект имеет фиксированное отношение к теплу, теряемому при вольтовом токе. Очевидный вывод, который мистер Джоуль делает из этих экспериментов, заключается в том, что тепло и механическая энергия преобразуются друг в друга, и поэтому становится очевидным, что тепло является либо *vis viva*, или живой силой весомых частиц, либо состоянием притяжения и отталкивания, способным генерировать *vis viva* (N. 222).

РАЗДЕЛ XXXIII.

Электричество, вырабатываемое вращением—Направление токов—Электричество от вращения магнита—М. Эксперимент Араго объяснил—Вращение железной пластины между полюсами магнита—Отношение Веществ к магнитам трех видов—Термоэлектричество.

М. Араго открыл источник магнетизма во вращательном движении. Если заставить круглую пластину из меди вращаться непосредственно над или под магнитной стрелкой или магнитом, подвешенным таким образом, что он может вращаться в плоскости, параллельной плоскости медной пластины, магнит стремится следовать за окружностью пластины; или, если магнит вращается, пластина стремится следовать за его движением; эффект настолько силен, что магниты и пластины весом во много фунтов были перемещены по кругу. Это совершенно не зависит от движения воздуха, поскольку то же самое происходит, когда между магнитом и медью помещается оконное стекло. Когда магнит и пластина находятся в состоянии покоя, между ними не может быть замечено ни малейшего эффекта притяжения, отталкивания или любого другого рода. Описывая это явление, М. Араго утверждает, что оно имеет место не только с металлами, но и со всеми веществами, твердыми телами, жидкостями и даже газами, хотя интенсивность зависит от вида движущегося вещества. Эксперименты, проведенные доктором Фарадеем, объясняют это необычное действие. Он обнаружил, что если кусок металла или металлическая проволока, образующие цепь любой формы, перемещаются справа налево поперек силовых линий, исходящих от полюса стержневого магнита, эти силовые линии индуцируют электрический ток, текущий в одном направлении; и когда движение металла или проволоки меняется на противоположное, направление тока также меняется на противоположное: вращение магнита вокруг своей оси не влияет на эти результаты, и ток не индуцируется, когда металл или проволока находятся в состоянии покоя. Медная пластина диаметром двенадцать дюймов и толщиной одну пятую дюйма помещалась между полюсами мощного подковообразного магнита, следовательно, пересекая магнитные силовые линии под прямым углом, и соединялась в определенных точках с гальванометром медными проводами. Когда пластинка находилась в состоянии покоя, никакого эффекта не производилось; но как только пластинку заставляли быстро вращаться, стрелка гальванометра отклонялась иногда на целых 90°, а при равномерном вращении отклонение постоянно поддерживалось на уровне 45°. Когда движение медной пластины менялось на обратное, стрелка отклонялась в противоположном направлении, и таким образом с помощью обычного магнита вырабатывался постоянный электрический ток. Интенсивность электричества, собираемого проводами и

передаваемого ими на гальванометр, менялась в зависимости от положения пластины относительно полюсов магнита.

Движение электричества в медной пластине можно представить, если учесть, что при простом перемещении одиночного провода, подобного спице колеса, перед магнитным полюсом электрический ток стремится течь по нему от одного конца к другому. Следовательно, если колесо сконструировать из очень большого количества таких спиц и вращать вблизи полюса магнита наподобие медного диска, то в каждом радиусе или спице будет возникать ток, когда она проходит полюс. Теперь, поскольку круглая пластина представляет собой не что иное, как бесконечное количество контактирующих радиусов или спиц, токи будут течь в направлении радиусов, если открыт канал для их возврата; и в непрерывной пластине этот канал обеспечивается боковыми участками с каждой стороны определенного радиуса, близкими к магнитному полюсу. Эта гипотеза подтверждается наблюдением; для положительных электрических токов, идущих от центра к окружности, а отрицательных - от окружности к центру, и *наоборот*, в соответствии с положением магнитных полюсов и направлением вращения; так что собирающий провод в центре медной пластины передает гальванометру положительное электричество в одном случае и отрицательное в другом; ток, собираемый проводящим проводом, соприкасающимся с окружностью пластины, всегда противоположен электричеству, передаваемому из центра. Очевидно, что когда пластина и магнит находятся в состоянии покоя, никакого эффекта не происходит, поскольку электрические токи, вызывающие отклонение гальванометра, индуцируются только движением поперек магнитных силовых линий. Когда пластина расположена ребром так, чтобы быть параллельной этим силовым линиям, никакое вращение ее с помощью самого мощного магнита не вызывает ни малейших признаков тока на гальванометре. Те же явления могут быть вызваны электромагнитами. Аналогичные эффекты наблюдаются, когда магнит вращается, а пластина остается в состоянии покоя. Когда магнит равномерно вращается вокруг своей оси, электричество того же типа собирается на его полюсах, а противоположное электричество - на его экваторе.

Явления, происходящие в экспериментах М. Араго, могут быть объяснены исходя из этого принципа. Когда и медная пластина, и магнит вращаются, действие наведенного электрического тока имеет тенденцию постоянно уменьшать их относительное движение и приводить движущиеся тела в состояние относительного покоя; так что, если одно из них вращается под действием посторонней силы, другое будет стремиться вращаться вокруг него в том же направлении и с той же скоростью.

Когда железная пластина или любое вещество, из которого можно сделать временный или постоянный магнит, вращается между полюсами магнита, обнаруживается, что непохожие полюса на противоположных сторонах пластины нейтрализуют воздействие друг друга, так что электричество не вырабатывается; в то время как одинаковые полюса на каждой стороне вращающейся пластины увеличивают количество электричества, и достаточно соединения одним полюсом. Но когда медь и вещества, не чувствительные к обычным магнитным воздействиям, вращаются, сходные полюса на противоположных сторонах пластины нейтрализуют друг друга; разнородные полюса с каждой стороны усиливают действие; и единственный полюс на краю вращающейся пластины, или торцевой, ничего не делает. Это служит критерием для отличия обычной магнитной силы от силы, создаваемой вращением. Если непохожие полюса, то есть северный и южный полюса, производят больший эффект, чем один полюс, сила будет обусловлена электрическими токами; если похожие полюса производят

больший эффект, чем один, то энергия не является электрической. Эти исследования показывают, что на самом деле существует очень мало тел, магнитных подобно железу. Поэтому доктор Фарадей подразделяет вещества на три класса в зависимости от их отношения к магнитам: — вещества, на которые воздействует магнит в состоянии покоя, такие как железо, сталь и никель, обладающие обычными магнитными свойствами; вещества, на которые воздействует магнит в состоянии движения, в которых электрические токи вырабатываются индуктивной силой магнита, такие как медь; и, наконец, те, которые совершенно безразличны к магниту, как в состоянии покоя, так и в движении.

Уже было замечено, что для образования гальванической цепи необходимы три тела, одно из которых должно быть жидким. Но в 1822 году профессор Зеебек из Берлина обнаружил, что электрические токи могут возникать при частичном приложении тепла к цепи, образованной из двух твердых проводников. Например, когда полукруг висмута, соединенный с полукругом сурьмы так, что образуется кольцо, нагревается в одном из мест соединения лампой, электрический ток протекает по цепи от сурьмы к висмуту; и такие термоэлектрические токи производят все электромагнитные эффекты. Стрелка компаса, размещенная либо внутри цепи, либо вне ее, и на небольшом расстоянии от нее, отклоняется от своего естественного положения в направлении, соответствующем способу протекания электричества. Если такое кольцо подвешено так, чтобы оно могло легко перемещаться в любом направлении, оно будет подчиняться действию магнита, поднесенного к нему, и может даже вращаться. Согласно исследованиям М. Зеебека, одно и то же вещество, неодинаково нагретое, проявляет электрические токи; и М. Нобили заметил, что во всех металлах, за исключением цинка, железа и сурьмы, электричество течет от горячей части к холодной. Этот философ объясняет земной магнетизм различием в воздействии тепла на различные вещества, из которых состоит земная кора; и в подтверждение своих взглядов он произвел электрические токи соприкосновением двух кусков влажной глины, один из которых был горячее другого.

М. Беккерель сконструировал термоэлектрическую батарею из одного вида металла, с помощью которой он определил соотношение между затрачиваемым теплом и интенсивностью получаемого электричества. Он обнаружил, что в большинстве металлов интенсивность тока увеличивается с нагреванием до определенного предела, но этот закон распространяется гораздо дальше на металлы, которые трудно плавить и которые не ржавеют. Эксперименты профессора Камминга показывают, что взаимное действие магнита и термоэлектрического тока подчиняется тем же законам, что и действие магнитов и гальванических токов; следовательно, все явления отталкивания, притяжения и вращения могут проявляться с помощью термоэлектрического тока. М. Ботто из Турина разложил воду и некоторые растворы с помощью термоэлектричества; и Сав. Антинори из Флоренции удалось получить яркую искру с помощью электродинамической катушки.

Принцип термоэлектричества был использован М. Нобили и Меллони для измерения чрезвычайно малых количеств тепла в их экспериментах по мгновенной передаче лучистого тепла. Термоумножитель, который они сконструировали для этой цели, состоит из ряда чередующихся стержней или, скорее, тонких проволочек из висмута и сурьмы, расположенных рядом, и концы их попеременно спаяны друг с другом. Когда тепло прикладывается к одному концу этого устройства, а другой остается при естественной температуре, электрические токи проходят через каждую пару стержней, которые по проводам передаются к тонкому гальванометру, стрелка которого показывает интенсивность передаваемого электричества и,

следовательно, интенсивность используемого тепла. Этот инструмент настолько чувствителен, что с его помощью было установлено сравнительное тепло различных насекомых.

Сохранение силы строго соблюдается во всей науке и различных формах электричества. В статическом электричестве положительные и отрицательные силы точно уравнивают друг друга; они всегда одновременны и часто связаны изогнутыми силовыми линиями; здесь нет недостатка или избытка, и существование одного вида без другого совершенно невозможно — это абсолютно двойная сила. То же самое можно сказать и об электрических токах, независимо от того, вырабатывается ли они гальванической батареей или любым другим способом — ток в одной части цепи абсолютно одинаков по величине и двойственному характеру, что и в другой; и в изолированной гальванической батарее, где поддерживающая мощность является внутренней, ни малейшего развития сил ни одной из них не может произойти до тех пор, пока цепь не будет замкнута или не будет допущена индукция на концах; ибо, если при отсутствии цепи предотвратить индукцию, то не просто не будет тока, но и не будет выработано ни в малейшей степени никакого количества электричества на полюсах, готового вырабатывать ток.^[17]

РАЗДЕЛ XXXIV.

Магнетизм двойной мощности—Антитетический характер парамагнетизма и диамагнетизма—Парамагнетизм Земли—Свойства парамагнитных тел—Полярность—Индукция—Силовые линии магнитного поля—Электрические токи, индуцируемые ими—Оказались замкнутыми кривыми—Аналогия и идентичность электричества и магнетизма—Земной магнетизм—Средние значения трех магнитных элементов—Их вариации в двойной прогрессии, как оказалось, состоят из двух наложенных вариаций—Открытие периодичности магнитных бурь—Десятилетний период магнитных элементов совпадает с периодом солнечных пятен—Магнетизм атмосферы—Диамагнетизм—Действие электромагнетизма на парамагнитные, диамагнитные тела и на Медь, очень разные—Доказательство диамагнитной полярности и индукции—Магнитокристаллическое действие—Эффекты сжатия, нагрева и расщепления на магнитные тела—Взаимная зависимость света, тепла, электричества и т.д. и т.п. —Сохранение Силы и постоянство материи, Первичные законы Природы—Определение силы тяжести не в соответствии с этим Законом—Гравитация всего лишь Остаточная Сила Универсальной Силы—Магнетизм Эфирной Среды.

Магнетизм можно рассматривать как новую науку в результате глубоких исследований и замечательных открытий доктора Фарадея. Поскольку магнетизм материи известен только по действию на нее магнита или электричества, используя чрезвычайно энергичный магнит или электромагнит, он доказал, что все известные вещества, будь то твердые, жидкие или воздухообразные, более или менее магнитны, но что магнетизм у разных веществ очень разный. Например, если брусок железа свободно подвешен между полюсами очень мощного магнита или электромагнита, он будет притягиваться обоими полюсами и установится или будет покоиться в направлении прямой линии, соединяющей их; но если аналогичный брусок висмута

свободно подвешен таким же образом, он будет находиться в направлении, перпендикулярном тому, которое предполагал железный брусок. Таким образом, направление, в котором застывает железо, является осевым, или по силовой линии, в то время как то, которое принимает висмут, является экваториальным, или перпендикулярным силовой линии. Вещества, обладающие магнитными свойствами, подобными железу, называются парамагнитными, а вещества, обладающие магнитными свойствами, подобными висмуту, - диамагнитными. Насколько нам известно, вся материя подчиняется тому или другому из этих законов. Помимо железа, парамагнитными являются многие тела, такие как магнит, который состоит из перекиси и протоксида железа, смешанного с небольшими порциями кремнезема и оксида алюминия; также некоторые драгоценные камни и металлы, такие как кобальт, никель и др. Вещество часто парамагнитно, если оно содержит только 130 000-ю часть железа от своего веса; но гораздо большее количество железа диамагнитно, как и все вещества животного и растительного происхождения, кислоты, масла, сахар, крахмал, хлеб и т.д., и все газы, кроме кислорода, который в высшей степени парамагнитен; и его сила возрастает с увеличением плотности: но, несмотря на преобладание диамагнитного вещества на поверхности, земной шар парамагнитен — фактически это мощный магнит.

Помимо веществ, которые парамагнитны по своей природе, это свойство может быть придано различными способами, например, трением магнитами или даже наложением их друг на друга; и стержень из твердой стали, удерживаемый под углом погружения, станет магнитом при нескольких ударах молотком по его верхнему концу.

Полярность - один из наиболее отличительных признаков магнетизма: это свойство, которым обладает магнит, когда он свободно подвешен, самопроизвольно находится в магнитном меридиане или почти на севере и юге и всегда возвращается в это положение, когда его нарушают из-за среднего магнитного притяжения земли; однако магнит не имеет тенденции перемещаться на север или юг, даже когда плавает по воде, потому что тот же полюс, который притягивает один конец, отталкивает другой. Оба полюса магнита притягивают железо, которое, в свою очередь, притягивает любой полюс магнита с равной и противоположной силой. Действие магнита на немагнитное железо ограничивается притяжением, тогда как взаимное действие магнитов характеризуется как силой отталкивания, так и силой притяжения; ибо северный полюс отталкивает северный полюс, а южный полюс отталкивает южный полюс; но северный и южный полюса взаимно притягивают друг друга — что доказывает, что парамагнетизм представляет собой двоевластие, при котором идеально сохраняется сохранение силы, поскольку сила притяжения в точности равна силе отталкивания. Один вид полярности не может существовать без другого: они абсолютно одновременны, зависят и имеют одинаковую интенсивность.

Индукция - это сила, которой обладает магнит для возбуждения временного или постоянного парамагнетизма в находящихся поблизости телах, способных его воспринимать. Благодаря этому свойству простое приближение магнита делает железо и сталь парамагнитными, тем сильнее, чем меньше расстояние, но индуцируемая сила всегда в точности равна силе, которая ее создает. Когда северный конец магнита подводят вплотную к немагнитному железному стержню и на одной линии с ним, стержень приобретает все свойства идеального магнита; конец, следующий за северным полюсом магнита, становится южным полюсом, в то время как удаленный конец становится северным полюсом. В точности обратное имеет место, когда южный конец поднесен к стержню, так что каждый полюс магнита индуцирует

противоположную полярность на соседнем конце стержня и ту же полярность на дальнем конце; следовательно, ближайший конец стержня притягивается, а дальний отталкивается; но поскольку действие на соседнюю часть больше, чем на дальнюю, результирующая сила является силой притяжения. Посредством индукции железный брусок приобретает не только полярность, но и способность вызывать парамагнетизм в третьем теле; и хотя все эти свойства железа исчезают, как только магнит удаляется, длительное увеличение интенсивности обычно передается самому магниту за счет реакции временного парамагнетизма железа. Железо приобретает индуктивную силу быстрее, чем сталь, но так же быстро теряет ее при удалении магнита, в то время как сталь сохраняет устойчивую полярность.

Для индукции требуется определенное время, и оно может быть ускорено чем угодно, что вызывает вибрационное движение в частицах стали; например, резким ударом молотка или нагревом, за которым следует внезапный холод. Стальной стержень может быть преобразован в магнит путем пропускания через него электрического разряда; и поскольку его эффективность одинакова в любом направлении прохождения электричества, эффект возникает в результате его механической работы, вызывающей вибрацию среди частиц стали. Было замечено, что частицы железа легко восстанавливают свое нейтральное состояние после индукции, в то время как частицы стали сопротивляются восстановлению равновесия или возвращению в нейтральное состояние: следовательно, очевидно, что любая причина, которая устраняет или уменьшает сопротивление частиц, будет иметь тенденцию разрушать парамагнетизм стали; следовательно, те же механические средства, которые развивают силу, также разрушают ее. По этой причине стальной прут может потерять свой парамагнетизм при любом механическом сотрясении, например, при падении на твердое вещество, ударе молотком и нагревании до покраснения, которое делает сталь мягкой. Обстоятельствами, которые определяют, выиграет он или проиграет, являются его положение относительно магнитного экватора и более высокая или более низкая интенсивность его предыдущего магнитного состояния.

Сравнение количества колебаний, совершаемых одной и той же намагниченной иглой за одно и то же время на разных расстояниях от магнита, дает закон парамагнитной интенсивности, который следует обратному отношению квадрата расстояния — закон, на который не влияет вмешательство какого бы то ни было вещества между магнитом и иглой, при условии, что вещество само по себе не восприимчиво к магнетизму. Следовательно, индукция и взаимное действие магнитов подчиняются законам механики; но состав и разрешение этих сил сложны из-за того, что постоянно действуют четыре силы, по две в каждом магните. Мистер Уэр Фокс обнаружил, что закон парамагнитной силы изменяется от обратного квадрата расстояния к простому обратному соотношению, когда расстояние между двумя магнитами всего лишь от четвертой до восьмой части дюйма или даже на целых полдюйма, когда магниты большие; а в случае отталкивания изменение происходит на еще большем расстоянии, особенно когда два магнита существенно различаются по интенсивности.

Не предполагая никакой гипотезы о том, что такое магнетизм или как эта сила возникает или поддерживается, доктор Фарадей рассматривает магнит как источник энергии, окруженный изогнутыми силовыми линиями, которые являются репрезентантами магнитной энергии не только по качеству и направлению, но и по количеству — гипотеза, которая полностью согласуется с экспериментом и с действием как электричества, так и магнетизма. Природу и форму этих линий можно увидеть, поместив стержневой магнит на стол, расстелив на нем лист плотной бумаги так, чтобы он был идеально ровным и без складок, а затем равномерно просеивая

очень чистые железные опилки через мелкое сито. Под действием магнита опилки мгновенно принимают форму изогнутых линий, представленных на рис. 1, [пластина 7](#). Эти линии являются истинными представителями магнитных сил, и, будучи связанными с полярной энергией, они обладают противоположными качествами в противоположных направлениях. Когда магнит разламывается посередине, каждая часть сразу превращается в совершенный магнит; часть, которая изначально имела южный полюс, приобретает северный полюс на разломанном конце; часть, которая изначально имела северный полюс, получает южный полюс; и насколько возможно механическое разделение, оказывается, что каждый фрагмент является совершенным магнитом. На рис. 2, [пластина 7](#), показаны силовые линии в сломанном магните, когда концы еще не разделены; фиг. 3 показывает их, когда они есть.

Электрические токи образуются в проводящих телах, перемещаемых поперек этих силовых линий магнитного поля. Если медный провод, расположенный на небольшом расстоянии над северным полюсом стержневого магнита, переместить слева направо под любым углом поперек силовых магнитных линий, они вызовут электрический ток в проводе, текущий справа налево; если провод перемещать с той же скоростью в противоположном направлении, индуцированный ток будет одинаковой интенсивности, но он будет течь слева направо. Аналогичные результаты получены на южном полюсе, и явления одинаковы, когда магнит перемещен, а проволока находится в состоянии покоя; в обоих случаях интенсивность тем больше, чем быстрее движение. Похоже, что количество индуцируемого электричества прямо пропорционально количеству пересекающихся магнитных кривых, и когда проволока равномерно движется в поле равной магнитной силы, генерируемый электрический ток пропорционален времени, а также скорости движения; ибо, когда металлический диск приводится во вращение по силовым линиям, индуцируемый ток сильнее всего вблизи края, где скорость наибольшая; и в различных веществах, движущихся поперек силовых линий, интенсивность индуцируемого тока прямо пропорциональна проводящей способности вещества. Таким образом, тела, перемещаемые вблизи магнита, имеют вырабатываемый в них электрический ток, и наоборот, тела, на которые воздействует электрический ток, определенно перемещаются магнитом вблизи них.

Из предыдущих экспериментов следует, что магнитная полярность проявляется двумя способами; в намагниченной стрелке - притяжением и отталкиванием, а в проводе, движущемся поперек силовых линий магнитного поля, это проявляется в противоположных направлениях, в которых индуцированный ток течет в соответствии с перемещением тела справа налево или слева направо. Следовательно, полярность состоит в противоположных действиях, проявляющихся на противоположных концах или по разные стороны ограниченной или неограниченной силовой линии. Антитезис - это истинный и наиболее общий характер магнетизма, каким бы ни был способ его действия.

Именно с помощью индукции электрических токов в медных проводах, движущихся поперек силовых линий магнитного поля, доктор Фарадей доказал, что силовые линии, исходящие от магнита, представляют собой замкнутые кривые, которые снова возвращаются и проходят через внутреннюю часть магнита. Он поместил два стержневых магнита одинаковой длины, размера и интенсивности с одинаковыми полюсами вместе, чтобы они могли действовать как один магнит. Затем между их осями была пропущена медная проволока, которая, пройдя половину своей длины, была согнута поровну и вывернута наружу, так что вся проволока образовала петлю, два конца которой были соединены гальванометром. Когда весь провод

заставляли вращаться, никакого эффекта не производилось, хотя он пересекал силовые линии магнитного поля; но когда его разрезали надвое, чтобы разделить внешнюю часть от внутренней, электрические токи одинаковой интенсивности, но противоположных направлений индуцировались в каждой части провода, поскольку они были сделаны отдельно для пересечения силовых линий, поскольку устройство было сконструировано таким образом, что это можно было сделать. Внешний провод пересекал силовые линии, исходящие от магнитов под прямым углом к их осям, в то время как экваториальная часть внутреннего провода пересекала возвращающиеся силовые линии. Очевидно, что эти силы нейтрализуют друг друга, когда вращается вся проволока: следовательно, внутренняя и внешняя силовые линии должны были иметь равную интенсивность и противоположные направления, чтобы уравновесить друг друга. Этим и очень большим количеством других экспериментов доктор Фарадей доказал, что магнитные силовые линии представляют собой непрерывные замкнутые кривые, схожие по форме, размеру и мощности. Они бесконечно простираются за пределы магнита и не претерпевают изменений с расстоянием.

Таким образом, магнитная сила проникает внутрь массы; если электричество делает то же самое, должна либо иметь место компенсация, либо оно также должно двигаться по силовым линиям, ощутимым только на поверхности. Электричество имеет постоянную тенденцию к утечке и действительно утекает, когда ему не препятствует принудительная сила воздуха и других непроводящих веществ. Такой тенденции не существует в магнетизме, который никогда и ни при каких обстоятельствах не покидает содержащее его вещество. Должна существовать какая-то принудительная сила, аналогичная трению, которая останавливает магнитные силы, чтобы сначала воспрепятствовать их разделению, а затем предотвратить их воссоединение. В мягком железе коэрцитивная сила либо недостаточна, либо чрезвычайно слаба, поскольку железо легко становится парамагнитным под действием индукции и так же легко теряет это качество; тогда как в стали коэрцитивная сила чрезвычайно энергична, потому что она препятствует быстрому приобретению сталью парамагнитных свойств и полностью препятствует их потере при приобретении. Слабость коэрцитивной силы в железе и ее энергии в стали по отношению к парамагнитному взаимодействию совершенно аналогична легкости передачи, обеспечиваемой электричеству неэлектрическими элементами, и сопротивлению, которое оно испытывает в электричестве. С каждым шагом аналогия между электричеством и магнетизмом становится все более разительной. Механизм притяжения и отталкивания является общим для обоих; положительное и отрицательное электричество аналогичны северной и южной полярностям и управляются одними и теми же законами, а именно, что между сходными силами существует отталкивание, а между непохожими силами - притяжение. Каждая из этих четырех сил способна действовать наиболее энергично по отдельности; но поскольку электрическое равновесие восстанавливается объединением двух электрических состояний, а магнитная нейтральность - сочетанием двух полярностей, они соответственно нейтрализуют друг друга при соединении. Все эти силы изменяются обратно пропорционально квадрату расстояния и, следовательно, подчиняются одним и тем же механическим законам.

Аналогичная аналогия распространяется и на магнитную и электрическую индукцию. Железо и сталь находятся в состоянии равновесия, когда они нейтральны; но это равновесие немедленно нарушается при приближении полюса магнита, который за счет индукции передает один вид полярности на один конец железного или стального стержня и противоположный вид на другой — эффекты, в точности аналогичные электрической индукции. Существует даже соответствие между разрушением магнита и разрушением электрического проводника; ибо если

продолговатый проводник наэлектризовать индукцией, то два его конца будут иметь противоположные электрические силы; и если в таком состоянии он будет разделен посередине, то две части, удаленные друг от друга на некоторое расстояние, каждая сохранит наведенное на нее электричество. Аналогия, однако, не распространяется на перенос. Тело может передавать избыточное количество положительного электричества другому или лишать другого его электричества — один получает его за счет другого; но тело не может обладать только одним видом полярности. За этим исключением, существует такое совершенное соответствие между теориями магнитного притяжения и отталкивания и электрическими силами в проводящих телах, что они не только одинаковы в принципе, но и определяются по одним и тем же формулам. Эксперимент согласуется с теорией в доказательстве идентичности этих двух влияний. Следовательно, если электрические явления происходят из-за модификации эфирной среды, то магнитные явления должны быть вызваны аналогичной причиной.

Изогнутые линии магнитной силы исходят из каждой точки поверхности Земли, где есть заметный наклон, и, изгибаясь, снова входят в землю на магнитном экваторе. Они индуцируют электрические токи в проводящих проводах, перемещаясь по ним точно так же, как в искусственных магнитах; и когда полую спираль или катушку из медной проволоки, концы которой соединены с гальванометром, помещают в магнитное углубление и внезапно перемещают поперек силовых линий, стрелка гальванометра будет вибрировать по дуге 80° или 90° вследствие электрического тока, индуцируемого этими силовыми линиями в проводе, и действие усиливается, когда в спираль помещается сердечник из мягкого железа, который за счет индукции становится временным магнитом. Опять же, если медную пластину соединить с гальванометром двумя медными проводами, одним от центра, а другим от окружности, для сбора и передачи электричества, то обнаруживается, что, когда пластину заставляют вращаться в плоскости, проходящей через линию провала, на гальванометр это не влияет. Но как только пластина наклоняется к этой плоскости, электричество начинает вырабатываться при ее движении поперек силовых линий магнитного поля; оно становится более мощным по мере увеличения наклона и достигает максимума, когда пластина вращается под прямым углом к линии падения. Когда вращение происходит в том же направлении, что и у стрелок часов, электрический ток течет от их центра к окружности; а когда вращение происходит в противоположном направлении, ток разворачивается в противоположную сторону. Таким образом, медная пластина, вращающаяся под прямым углом к линии провала, становится новой электрической машиной, отличающейся от обычной стеклянной машины тем, что медь является наиболее совершенным проводником, тогда как стекло является наиболее совершенным непроводником; кроме того, изоляция, которая необходима для стеклянной машины, губительна для медной. Количество электричества, выделяемого металлом, по-видимому, не уступает тому, которое выделяет стекло, хотя и сильно отличается по интенсивности. Даже корабль, пересекающий силовые линии, должен пропускать через себя электрические токи. Доктор Фарадей отмечает, что электричество вырабатывается магнитными силовыми линиями с такой легкостью, что едва ли какой-либо кусок металла может быть перемещен без его выработки; следовательно, среди устройств паровых двигателей и металлических механизмов, вероятно, существуют любопытные электромагнитные комбинации, которые до сих пор не были замечены. Таким образом, магнитные силовые линии, несомненно, исходят от поверхности земного шара.

Несомненно, Земля является магнитом огромного масштаба, но она отличается от всех остальных наличием четырех полюсов максимальной магнитной силы разной интенсивности,

причем два полюса в северном полушарии имеют вековое движение в направлении, противоположном двум полюсам в южном. Они даже расположены несимметрично; следовательно, магнитная интенсивность настолько сильно различается в разных точках земной поверхности, что динамический экватор, или линия, проходящая через все точки наименьшей интенсивности, представляет собой очень неправильную кривую, окружающую земной шар, но ни в коем случае не совпадающую с земным экватором. Вследствие среднего действия этих четырех сил северный конец намагниченной стрелки, расположенный так, чтобы вращаться в вертикальной плоскости, опускается или наклоняется под горизонт в северном полушарии, а южный конец - в южном. Два полушария разделены линией, опоясывающей землю, называемой магнитным экватором, или линией без провала, на которой стрелка наклона горизонтальна. С каждой стороны от этой линии наклон увеличивается, пока, наконец, стрелка не станет перпендикулярной горизонту в двух точках или, скорее, небольших промежутках в каждом полушарии, известных как магнитные полюса, которые сильно отличаются от полюсов вращения Земли. Среднее действие четырех полюсов магнитной напряженности приводит к тому, что компас моряка или магнитная стрелка, подвешенная таким образом, чтобы вращаться в горизонтальной плоскости, остается в состоянии покоя, когда указывает на два магнитных полюса. Тогда он находится в магнитном меридиане места наблюдения, который, таким образом, определяется средним действием всех четырех магнитных сил.

Хорошо известно, что эти средние значения трех магнитных элементов, а именно склонения или провала и магнитной напряженности, подвержены вековым, годовым и суточным колебаниям. Вековые значения становятся ощутимыми только через несколько лет, но годовые и суточные колебания имеют двойную прогрессию, то есть два максимальных и два минимальных значения в соответствующие периоды года и двадцати четырех часов; например, стрелка склонения совершает два отклонения на запад и два на восток в течение двадцати четырех часов, и это с большой регулярностью. Генерал Сэбин обнаружил, что двойная прогрессия возникает из—за двух объединенных или наложенных изменений, имеющих разные часы максимумов и минимумов, и что они обусловлены двумя совершенно разными причинами: первая - разница в положении солнца относительно места наблюдения в разные сезоны года и часах дня и ночи; другая - среднегодовые и суточные колебания, которые, как доказал генерал Сэбин, существуют при тех сильных магнитных бурях или случайных возмущениях, которые воздействуют на магнитные элементы одновременно на чрезвычайно обширных участках земного шара.

Более того, генерал обнаружил, что, помимо этих годовых и суточных колебаний, магнитные бури имеют вариации, которые достигают своих перипетий за десять или более, почти одиннадцать лет, причем увеличение из года в год происходит постепенно, пока их максимальное значение не станет вдвое больше минимального. Вследствие этого неравенства в штормах или случайных возмущениях каждый из магнитных элементов имеет вариацию с одинаковым периодом и сходными максимумами и минимумами. Итак, М. Швабе из Дессау наблюдал, что количество и величина пятен на солнце увеличиваются до максимума и снова уменьшаются до минимума, регулярно в течение одного и того же периода от десяти до одиннадцати лет; и генерал Сэбин обнаружил, что это изменение солнечных пятен и магнитных элементов не только имеют одинаковые периоды максимумов и минимумов, но и соответствуют друг другу во всех своих мельчайших изменениях. Таким образом, между земным и солнечным магнетизмом существует весьма примечательная и неожиданная связь. Принцип

двойственности и антагонизма в совершенстве сохраняется в земном магнетизме, все явления и их вариации происходят в противоположных направлениях в двух полушариях. (N. 226.)

Несомненно, магнитные силовые линии на земле представляют собой замкнутые кривые, как в искусственных магнитах; но в своих кольцевых направлениях они могут простирались на любое расстояние в пространстве, или, скорее, в эфирной среде, даже на тысячи или десятки тысяч миль; поскольку эфирная среда проницаема для магнитных силовых линий или, скорее, пропускает их, иначе солнечные пятна не могли бы влиять на колебания земного магнетизма; кроме того, они проходят через вакуум Торричелли, который является почти пустотой по отношению к воздуху, но не к эфирной среде.

Атмосфера, которая окружает Землю на высоте около пятидесяти миль с ощутимой плотностью, состоит из трех с половиной весовых частей газообразного азота и одной части кислорода, равномерно перемешанных. Азот нейтрален, будь то плотный или разреженный, горячий или холодный, в то время как кислород сильно парамагнитен; но он теряет значительную часть своей силы, когда разрежается под действием тепла; следовательно, магнитная сила атмосферы должна увеличиваться от экватора к полюсам максимального холода; она должна меняться летом и зимой, ночью и днем. Его влияние на земной магнетизм неизвестно; но вряд ли оно может быть без некоторого влияния. М. Э. Беккерель отмечает: “Если мы подумаем, что земля окружена массой воздуха, эквивалентной по весу слою ртути в 30 дюймов, мы можем спросить, не вмешивается ли такая масса магнитного газа, постоянно находящаяся в движении и подверженная регулярным и нерегулярным колебаниям давления и температуры, в некоторые явления, зависящие от земного магнетизма. Если мы действительно вычислим, какова магнитная сила этой текучей массы, мы обнаружим, что она эквивалентна огромной железной пластине толщиной немногим более $\frac{1}{250}$ дюйма, которая покрывает всю поверхность земного шара”. Как проводящая способность воздуха, так и его плотность увеличиваются из-за холода; и поскольку сумма магнитных сил, исходящих от земли по одну сторону линии нулевого падения, равна их сумме по другую сторону, интенсивность и концентрация нашей зимой совпадают с рассеянием и слабостью в противоположном полушарии, так что линия нулевого падения будет ежегодно перемещаться с севера на юг и обратно. То же самое относится и к дню и ночи. Таким образом, закон сохранения силы строго соблюдается; и это в равной степени справедливо при воздействии атмосферы на магнитные силовые линии, которая преломляет их, когда они проходят через нее, в одном направлении летом и в противоположном направлении зимой - в одном направлении в освещенном полушарии, в другом - в темном. Все магнитные линии вокруг Земли удерживаются за счет их взаимного натяжения в одной связанной чувствительной системе, которая ощущает каждой частью, даже антиподами, изменение в любом конкретном месте.

В качестве хорошо известного факта можно упомянуть, что в суточных изменениях склонения в высоких магнитных широтах северного полушария были обнаружены очевидные аномалии по сравнению с их большой регулярностью в других частях того же полушария, и что магнитные бури там гораздо большей силы, чем в более низких широтах. Более того, хотя наблюдения капитана Магуайра на мысе Барроу, в Северном Полярном океане, показывают, что годовые и суточные вариации случайных возмущений или магнитных бурь, а также колебания десятилетнего периода сохраняются, все же представляется, что в определенные часы суток изменение склонения может быть восточным в Пойнт—Барроу и западным в Магнитной обсерватории в Торонто, в Верхней Канаде, и *наоборот*: фактически, магнитные бури

происходят одновременно на этих двух станциях, но в противоположных направлениях - обстоятельство, которое еще не учтено, поскольку магнитные бури наблюдаются на этих двух станциях. и, возможно, это связано с повышенным магнетизмом воздуха в этих холодных регионах. Тепло солнца не оказывает никакого воздействия на земной магнетизм, за исключением, возможно, его косвенного воздействия на кислород атмосферы; но до сих пор это было незаметно. Вряд ли возможно, что полярное сияние может быть независимым от магнитного характера воздуха, поскольку оно возникает в высоких широтах, где атмосферный магнетизм наиболее силен. Капитан Магуайр заметил, что он часто появлялся в Пойнт-Барроу, когда магнитные бури достигали максимума.

Мы совершенно не осведомлены о причинах земного магнетизма, хотя мощное влияние солнечных пятен делает весьма вероятным, что в конечном итоге будет установлено, что он возникает на самом солнце. Теория м-ра Барлоу об электрических токах, вращающихся вокруг земного шара, подтверждается наблюдениями м-ра Фокса на рудниках Корнуолла, которые показывают, что электромагнетизм чрезвычайно активен в металлических жилах; что не только природа металлоносных отложений, должно быть, определялась их относительным электрическим состоянием, но и что направление металлических жил, должно быть, зависело от направления магнитных меридианов, и фактически почти все они связаны с магнитным полем. все месторождения металлов в мире расположены с востока на запад или с северо-востока на юго-запад. Однако эти электрические токи можно рассматривать как магнитные силовые линии, и они, скорее всего, являются следствием, чем причиной земного магнетизма. Обнаружено, что они оказывают мощное индуктивное воздействие на атлантический телеграф, в значительной степени нарушая работу стрелок и гальванометров на каждом конце линии, и в ночь на 6 сентября 1858 года по кабелю прошла магнитная буря, которая сильно взволновала отражающий гальванометр в соединении с телеграфными проводами.

Мы также не осведомлены о причине вековых магнитных колебаний, но у нас нет оснований полагать, что магнитной является только земля; напротив, планеты, вероятно, являются магнитами, и мы знаем, что солнце и луна магнитны; следовательно, поскольку магнитное поле, подобно силе тяготения, передается через эфирную среду, индукция солнца, Луны, и планет, во всех их вековых и периодических изменениях, может вызывать постоянные колебания земного магнетизма, и, возможно, современные наблюдения не выходят за рамки деликатности, позволяющей установить, обладает ли планета, находящаяся ближе всего к земле, каким-либо действием. ощутимый магнетизм.

Диамagnetизм также обладает двоякой силой, но при тех же обстоятельствах является полной противоположностью парамагнетизму. Доктор Фарадей впервые обнаружил это свойство у тяжелого стекла, или силико-бората свинца, кусок которого отталкивался полюсом мощного электромагнита, и удлиненной призмы из того же тяжелого стекла, свободно подвешенной между полюсами и установленной по экватору. Затем он обнаружил, что столь большое количество веществ подчиняется одному и тому же закону, что это установило весьма примечательный факт действия неизвестной доселе силы на вещества, подвергшиеся ее влиянию, открытие, которое он впоследствии подтвердил многими экспериментами, все из которых доказывали противоположность между двумя способами магнитного воздействия. Он также обнаружил, что магнитные тела чрезвычайно различаются по своей магнитной силе: из парамагнитных тел железо является самым мощным; затем следуют никель, кобальт и длинная градация вплоть до осмия и вакуума. Вещество, которое, по-видимому, обладает наименьшей

диамагнитной способностью, - это мышьяк, и этот ряд восходит к тяжелому стеклу, сурьме, фосфору и висмуту; таким образом, железо и висмут являются самыми мощными в своих соответствующих классах, и оба обладают небольшой электропроводностью. Можно предположить, что в природе можно встретить множество замечательных примеров диамагнетизма; среди прочих, доктор Фарадей выдвинул идею о том, что кольцо Сатурна, исходя из его положения, может быть диамагнитным по отношению к планете.

С помощью очень мощных магнитов или электромагнитов, которые абсолютно необходимы для всех этих экспериментов, было обнаружено, что ни одно *простое* вещество не является нейтральным, но что таковое может быть получено путем смешивания в должной пропорции диамагнитных и парамагнитных жидкостей, таких как вода и протосульфат железа.

Профессор Тиндалл доказал диамагнитную полярность, поместив два стержня висмута в две вертикальные катушки или спирали изолированного медного провода, по которым электрические токи передавались от гальванической батареи и воздействовали на стальной магнит, свободно подвешенный без спиралей. Теперь, когда магнетизм возбуждается просто за счет индукции, электрический ток, будучи кратковременным, вызывает лишь удар или кратковременное отклонение в магните, который возвращается в свое исходное положение, когда ток прекращается. Когда, напротив, магнетизм постоянен, подвешенный магнит не возвращается в свое исходное положение при прекращении тока. В эксперименте профессора Тиндалла отклонение было постоянным, и оно было в равной степени таковым, когда стержень из висмута был свободно подвешен, а сердечники внутри спиралей представляли собой стальные магниты. Если бы эффект был вызван токами, индуцируемыми в массе бруска висмута, разделение бруска остановило бы их, но результат был таким же с порошкообразным висмутом, как и с твердой массой. Более того, поскольку сила индуцированных токов зависит от проводящей способности вещества, и поскольку проводящая способность меди в сорок раз больше, чем у висмута, если бы полярность была индуцированной, а не реальной, эффект должен был бы быть в сорок раз больше, когда в спирали были вставлены медные сердечники вместо висмутовых, тогда как это едва ли было ощутимо. Помимо этих доказательств, доктор Тиндалл провел эксперименты с одиннадцатью различными диамагнитными веществами, одним из которых была вода, с аналогичными результатами. Затем он определил полярность двенадцати парамагнитных тел тем же методом, откуда выяснилось, что то же действие, которое произвело северный полюс в парамагнитных телах, привело к появлению южного полюса в тех, которые были диамагнитными, и *наоборот*, откуда он заключает, что диамагнитная полярность является одной из наиболее твердо установленных истин науки. Из этого следует, что, когда человек стоит, его голова представляет собой северный полюс, а ноги - южный, а верх железной ограды, на которую он может опираться, представляет собой южный полюс, а нижний конец - северный. Таким образом, диамагнитные тела обладают полярностью, аналогичной по виду, но противоположной по направлению полярности парамагнитных тел.^[18] Они оба представляют собой двойные силы, и две диамагнитные силы, подобные двум парамагнитным, сосуществуют, одновременны и взаимозависимы, поэтому не может быть никаких сомнений в том, что диамагнитные силы также представлены или, скорее, состоят из изогнутых и замкнутых силовых линий, проходящих через внутреннюю часть вещества. Доктор Тиндалл доказал, что притяжение железа и отталкивание висмута равны квадрату производящий их электромагнитный ток и то, что диамагнитные вещества способны к индукции.

Молекулярная структура веществ, свободно подвешенных между полюсами магнита, оказывает решающее влияние на положение, которое они принимают.

Уже упоминалось, что оптическая ось представляет собой симметричную линию в кристалле с двойным преломлением, в котором нет двойного преломления, и что в некоторых кристаллах есть две такие симметричные линии. Профессор Плюкер из Бонна обнаружил, что, когда такие кристаллы подвергаются мощному магнитному воздействию, единственная оптическая ось в одном из них и результирующая, или средняя линия между двойными оптическими осями в другом, располагаются диаметрально или под прямым углом к линии магнитной силы; и профессор обнаружил столь сильное воздействие магнетизма на кристаллическую форму, что минерал цианит, будучи взвешенным, настолько точно выстраивается в соответствии с земным магнетизмом, что его можно использовать как стрелку компаса.

Впоследствии доктор Фарадей заметил, что аморфные вещества, ограненные в форме сферы, не имеют тенденции устанавливаться, притягиваться или отталкиваться в одном направлении по сравнению с любым другим; но если сфера образована из кристаллизованного вещества, то общеизвестно, что, будь оно парамагнитным или диамагнитным, оно сильнее притягивается или отталкивается в одном направлении, чем в любом другом — свойство, названное доктором Фарадеем магнитокристаллическим действием. Например, сфера из известкового шпата, представляющая собой диамагнитный кристалл, сильнее всего отталкивается в направлении своей главной оптической оси и наименее сильно - в направлении своей наименьшей оси. В сфере карбоната железа, которая имеет точно такую же кристаллическую форму и обладает высокой парамагнитностью, линия, которая в карбонате извести проходит экваториально, в данном случае проходит аксиально, и в этом направлении сильнее, чем в любом другом. Закон, по которому притяжение карбоната железа увеличивается от наименьшей к его наибольшей или главной оптической оси, в точности такой же, как тот, по которому отталкивание известкового шпата увеличивается от наименьшей к главной оптической оси. Эти соотношения не изменяются при погружении сфер в жидкости, обладающие тем или иным магнетизмом. Доктор Фарадей заметил, что линия, расположенная под прямым углом к плоскостям основного расщепления в кристаллах, занимает осевое положение, и по этой причине он назвал ее магнитокристаллической осью. Его позиция была доказана Мм . Тиндалю и Кноблауху полагаться на общий факт, что масса наиболее сильно отталкивается в направлении плоскостей главного расщепления и что произвольное положение кристаллов больше зависит от направления этих плоскостей по отношению к электрической силе, чем от оптической оси. Плоскости главного расщепления располагаются экваториально в диамагнитных и аксиально в парамагнитных веществах: отсюда был сделан вывод, что явления, вызываемые кристаллами в магнитном поле, являются частным случаем общего закона, согласно которому преимущественное действие магнитов на материю в определенном направлении обусловлено тем, что частицы тела расположены ближе друг к другу в этом направлении, чем в любом другом: короче говоря, линией максимальной плотности; приложенная сила притягивает или отталкивает в зависимости от того, являются частицы парамагнитными или диамагнитными.

Однако представляется, что расположение кристаллов относительно линии магнитной силы зависит не только от их плотности в определенных направлениях. Профессор Маттеуччи из Пизы доказал, что диамагнитное взаимодействие обратно пропорционально проводящей способности веществ к электричеству, что проводящая способность максимальна в плоскостях основного расщепления и что игла из кристаллизованного висмута, в которой плоскости

расщепления параллельны ее длине, располагается по экваториальному направлению с большей силой, когда эти плоскости вертикальны или под прямым углом к силе, чем когда они горизонтальны или параллельны ей. Эксперименты до сих пор проводились только с диамагнитными или слегка парамагнитными телами, что побудило М. ле Ру испытать действие магнетизма на порошкообразном железе, спрессованном гидравлическим прессом, который превращал зерна железа в пластинки, эквивалентные плоскостям расщепления. Кубики этого вещества, подвешенные на нитке над магнитом в форме подковы, колебались дольше, когда пластинки были перпендикулярны, чем когда они были горизонтальны; то есть сила была сильнее, когда пластинки были экваториальными, чем когда они были осевыми, точно такой же результат, как в эксперименте профессора Маттеуччи с иглой из висмута. Таким образом, вертикальное положение сколов, которое увеличивает диамагнетизм висмута, увеличивает также парамагнетизм железа. М. ле Ру отмечает, что эти результаты не зависят от влияния электрических токов, индуцируемых в колеблющемся теле, поскольку фундаментальный характер явлений, связанных с открытием Араго вращения путем индукции, заключается в том, что колебания быстро уменьшаются по протяженности без какого-либо ощутимого уменьшения их продолжительности, в то время как в его экспериментах время колебаний менялось. Он приходит к выводу, что расположение молекул должно быть тесно связано с парамагнетизмом или самим диамагнетизмом, поскольку эффект этого расположения одинаково ощутим в висмуте и железе, хотя диамагнетизм первого в 25 000 раз слабее парамагнетизма последнего.

Диамагнетизм проводящих веществ и металлов, таких как золото, серебро и медь, увеличивается при разделении. Сжатие также оказывает большое влияние на магнитное действие. Например, стержень из мягкого железа устанавливается со своими наибольшими размерами от полюса к полюсу магнита, но стержень из спрессованного карбоната железной пыли, наименьшие размеры которого совпадают с линией давления, устанавливается экваториально. Брусочек висмута, плоскость основного расщепления которого параллельна его длине, устанавливается экваториально, но брусок спрессованной пыли висмута, наименьшие размеры которого совпадают с линией давления, или брусок висмута, основные плоскости расщепления которого поперечны его длине, устанавливается по своей длине в осевом направлении. Противоположность идеальна независимо от того, находятся ли стержни под воздействием магнита или электромагнита. Поскольку диамагнитная сила обратно пропорциональна проводящей способности тела к электричеству и что последняя максимальна в направлении плоскостей основного расщепления, следовательно, когда эти плоскости параллельны оси бруска висмута, она устанавливается по экватору; но поскольку проводящая способность увеличивается, когда пыль висмута сжимается в направлении силы, диамагнитная сила уменьшается, и брусок устанавливается по оси. Опять же, поскольку парамагнитная сила увеличивается с увеличением проводящей способности, действие магнита на железо противоположно действию магнита на висмут.

Действие электромагнита на медь сильно отличается от того, которое он оказывает на железо или висмут. Ибо, когда медный стержень, подвешенный на нитке, вращается перед своим полюсом, он полностью останавливается, как только на него воздействует электрический ток, и сохраняет свое положение со значительным упорством, поскольку он не возвращается, когда его выталкивают из него, но жестко удерживает свое новое место; однако, как только электрический ток прекращается, происходит сильное отталкивание, и стержень вращается в противоположную сторону. Даже при раскачивании со значительной силой его можно поймать и удерживать в любом положении по своему усмотрению, но нет никакого отвращения, когда он

задерживается либо в осевом, либо в экваториальном положении; под любым углом между этими двумя, но особенно посередине, электричество заставит его двигаться к оси, но оно задерживается до того, как доходит до этого. Действие во многом зависит от формы и размеров стержня и магнитного полюса, который должен быть плоским. Эти явления обусловлены высокой электропроводностью меди и встречаются в некоторых других чистых металлах, хотя и в гораздо меньшей степени.

Для всех этих экспериментов требуется большая магнитная сила. Доктор Фарадей использовал магнит, который мог выдержать вес 450 фунтов. на каждом полюсе, и полюса были либо заостренными, либо плоскими поверхностями по желанию, в зависимости от типа эксперимента.

Тепло сильно влияет на магнитные свойства тел. Доктор Фарадей обнаружил, что при повышении температуры никеля его магнитная сила уменьшается; при повышении температуры железа его магнитная сила остается неизменной, в то время как у кобальта увеличивается; что, по-видимому, указывает на то, что существует температура, при которой магнитная сила максимальна, выше и ниже которой она уменьшается. Никель теряет свой магнетизм при температуре кипящего масла, железо - при раскалении докрасна, а кобальт - при температуре, близкой к температуре плавления меди. Известковый шпат сохраняет свой магнитный характер при очень высокой температуре; но то же самое вещество, когда оно содержит железо, а также окись железа, полностью теряет его при тусклом красном нагревании. Кристалл феррокарбоната извести полностью менялся при изменении температуры, поскольку при низкой температуре оптическая ось была направлена в осевом направлении, а при высокой температуре - в экваториальном. За исключением этих веществ, все магнекристаллы, будь то парамагнитные или диамагнитные, как правило, одинаково подвержены воздействию тепла. Разница между силами в любых двух различных направлениях, например, по наибольшей и наименьшей главным осям, уменьшается при повышении температуры, увеличивается при понижении температуры и является постоянной для данной температуры. Ни одно *несмешанное* или *чистое* вещество еще не переходило под действием тепла из парамагнитного состояния в диамагнитное. Ни один *простой* магнетокристалл не продемонстрировал инверсии такого рода, и ни одна из главных осей власти не изменила свои характеры или отношения друг к другу.

Похоже, что подобно тому, как молекулы кристаллов и сжатых тел влияют на магнетизм, магнетизм действует и на молекулы вещества, поскольку кручение уменьшает магнитную силу, а упругость железа и стали изменяется под действием магнетизма. М. Маттеуччи обнаружил, что механическое сжатие стекла изменяет вращательную силу поляризованного луча света, проходящего через него, и что под влиянием мощного магнетизма происходит изменение температуры стекла.

Даже при ограниченном взгляде на силы природы, который предшествует этому, очевидно, что прогресс науки, основанный на эксперименте, стремится показать, что различные силы света, тепла, движения, химического сродства, электричества и магнетизма в конечном счете будут сведены к одному общему происхождению; что они настолько непосредственно связаны и взаимозависимы, что могут быть преобразованы, движение производит тепло, а тепловое движение; химическое сродство производит электричество, а химическое действие электричества и т.д., каждая из которых опосредованно или непосредственно производит

другую. Эти силы передаются через вещества; они воздействуют на материю, вызывая изменения в молекулярной структуре тел, как кратковременные, так и постоянные, и, наоборот, изменения указывают на действие этих сил. Материя и сила известны нам только как проявления Всемогущей силы: мы уверены, что не можем ни создать, ни уничтожить их — что их количество сейчас такое же, как и в начале. При химическом притяжении силы, которыми наделена молекула вещества и которые дают начало различным качествам, никогда не меняются; даже проходя через тысячи комбинаций, молекула и ее сила всегда остаются теми же.

Машины не создают силу; они только позволяют нам использовать силы природы с максимальной пользой; именно силой ветра или падающей воды перемалывается наша кукуруза, а паровой двигатель обязан своей мощности силе тепла и химическому воздействию. Поскольку сила не может быть создана, она также не может быть уничтожена. Она может быть рассеяна в различных направлениях и подразделена так, что становится недолговечной для нашего восприятия; она может быть уравновешена так, что находится в состоянии покоя, или стать потенциальной, как при статическом электричестве; но в тот момент, когда препятствие устранено, сила проявляется в движении; она также может быть превращена в тепло трением, но она никогда не теряется. Каждое движение, которое мы совершаем, каждый вдох, каждое произносимое нами слово — это сила, производящая пульсации, которые передаются постоянно увеличивающимся частицам воздуха и передаются по бесчисленным каналам, так что действительно становятся незаметными для наших органов чувств, но все же они демонстрируются как свидетели произнесенных нами слов или выполненных нами действий с помощью анализа, этого всемогущего инструмента человеческого разума.^[19]

Тело приобретает тепло точно в той пропорции, в какой соседние вещества становятся холодными, и когда тепло поглощается телом, оно становится расширяющей силой за счет тех, кто сжимается вокруг, но оно не теряется. При химическом воздействии на расстоянии сохраняется принцип сохранения силы, поскольку химическое воздействие может быть произведено за много миль от электромагнита, что полностью эквивалентно доминирующему химическому воздействию в батарее. Два электричества вырабатываются в равных пропорциях, которые могут быть объединены таким образом, чтобы произвести множество изменений в их соответствующих соотношениях, однако сумма сил одного вида никогда не может быть ни в малейшей степени ни превышена, ни недостает суммы сил другого. Экспериментальные исследования доказывают, что сохранение силы является неизменным законом природы — “принципом физики, столь же масштабным и надежным, как принцип неразрушимости материи или неизменности силы тяжести. Не следует принимать ни одну гипотезу, ни любое утверждение факта, которое опровергает этот принцип. Ни одна точка зрения не должна быть непоследовательной или несовместимой с ним. Многие из наших гипотез при нынешнем состоянии науки могут не понимать этого и могут быть неспособны предложить его следствия, но ни одна из них не должна выступать против этого”.

Выразив таким образом свою убежденность в истинности этого великого принципа, доктор Фарадей рассматривает случай гравитации и приходит к выводу, что “определение гравитации как силы притяжения между частицами материи, изменяющейся обратно пропорционально квадрату расстояния, хотя это и является полным определением силы, несовместимо с принципом сохранения силы”. Ибо хотя в этом определении сохраняется принцип постоянства силы *на одном и том же расстоянии*, оно подразумевает создание силы в огромных

количествах, когда расстояние уменьшается, и в таком же количестве уничтожается, когда расстояние увеличивается, — “эффект, ” говорит он, - который равен по своей бесконечности и своим последствиям творению, и только во власти Того, кто творит”. Он продолжает: “Ни на мгновение не представится, что я выступаю против того, что можно назвать *законом действия тяготения*, то есть законом, по которому управляются все известные эффекты тяготения; то, что я рассматриваю, - это *определение force*, то есть тяготения. Я верю и допускаю, что результат *одного* применения силы может быть обратно пропорционален квадрату расстояния; и я знаю, что это так в случае силы тяжести, и это было подтверждено до такой степени, которая едва ли могла укладываться в концепцию самого Ньютона, когда он излагал закон; но в то, что *совокупность* силы может быть использована в соответствии с этим законом, я не верю ни в отношении гравитации, ни электричества, ни магнетизма, ни любой другой предполагаемой формы силы. То, что должна существовать сила тяготения, существующая сама по себе, не имеющая никакого отношения к другим силам природы и не уважающая закон сохранения силы, так же маловероятно, как и то, что должен существовать принцип легкости, равно как и сила тяжести. Гравитация может быть лишь остаточной частью других сил природы, как пытался показать Моссотти; но маловероятно, чтобы она выпадала из закона действия всех других сил и была вне досягаемости ни дальнейших экспериментов, ни философских выводов. Поэтому мы должны стремиться узнать больше об этой выдающейся силе и стараться избегать любого ее определения, несовместимого с принципами силы в целом, поскольку все явления природы приводят нас к вере в то, что великий и управляющий закон един. Таким образом, гравитацию можно рассматривать только как часть более общей силы, закон которой еще предстоит открыть”.

Определение силы тяготения сразу же наводит на вопрос о том, как она передается; всю остроту этого вопроса ощутил сам Ньютон, когда в своем третьем письме Бентли он писал: “То, что сила тяжести должна быть врожденной и существенной для материи, так что одно тело может воздействовать на другое на расстоянии, через *вакуум*, без посредничества чего-либо еще, посредством чего их действие и сила могут передаваться друг другу, для меня настолько абсурдно, что я полагаю, что ни один человек, обладающий компетентными мыслительными способностями в философских вопросах, никогда не сможет погрузиться в это. Гравитация должна быть вызвана фактором, постоянно действующим в соответствии с определенными законами; но будет ли этот фактор материальным или нематериальным, я оставляю на усмотрение моих читателей ”.

Со времен Ньютона постоянное уменьшение времени обращения комет, принадлежащих нашей системе, и волновая теория света и тепла доказали существование чрезвычайно редкой упругой среды, заполняющей пространство даже в самых отдаленных областях, о которых мы знаем. Но, каким бы редким оно ни было, оно обладает достаточной инерцией, чтобы противостоять движению комет, и, следовательно, должно быть материальным, будь то эфир или, согласно мистеру Гроуву, сильно разреженные атмосферы небесных тел. Профессор Уильям Томсон из Глазго вычислил, что на пространстве, проходимом землей в ходе ее годового обращения, куб со стороной 1000 миль содержал бы не менее фунта эфирной среды весом, и что земля, двигаясь сквозь него, не сместила бы и 250-й части этого фунта материи. И все же это намного плотнее, чем было бы продолжение земной атмосферы в межпланетном пространстве, если бы оно было разрежено в соответствии с законом Бейля. Но какой бы ни была плотность или природа эфира, есть все основания полагать, что это среда, которая

передает силу тяготения от одного небесного объекта к другому, или, возможно, она может обладать более высоким свойством в отношении силы тяжести, чем ее простая передача.

Следующий эксперимент привел доктора Фарадея, открывшего магнетизм атмосферы, к мысли, что эфирная среда тоже является магнитной. Три раствора протосульфата железа, l , m , n , первый из которых содержал 4 крупинки соли, растворенные в кубическом дюйме воды, второй - 8 крупинок, а третий - 16 крупинок, были соответственно заключены в три стеклянные шарики, все из которых притягивались полюсом магнита. Затем в сосуд помещали некоторое количество среднего раствора m , и в него погружали шарик, содержащий самый сильный раствор n , который притягивался, как и раньше, но шарик l , содержащий самый слабый раствор, отталкивался при погружении в ту же жидкость. Здесь имело место диамагнитное явление, хотя стеклянные шарики и жидкость, в которую они были погружены, содержали железо. Эффект, очевидно, был дифференциальным, поскольку, когда жидкость притягивалась меньше, чем глобула, глобула приближалась к полюсу, а когда жидкость притягивалась больше, чем глобула, последняя, казалось, удалялась от полюса. Фактически, действие такое же, как действие силы тяжести на тело, погруженное в воду; если оно притягивается с большей силой, чем вода, оно тонет; если притягивается с меньшей силой, оно поднимается, эффект такой же, как если бы оно отталкивалось землей. Отсюда возникает вопрос, являются ли все магнитные явления результатом дифференциального действия такого рода, и притягивается ли эфирная среда менее сильно, чем мягкое железо, и более сильно, чем висмут, что позволяет железу приближаться, но заставляет висмут отступать от полюса магнита? Если такая среда существует, то есть если эфирная среда магнитна, то диамагнетизм совпадает с парамагнетизмом, и полярность магнитной силы в железе и висмуте одна и та же.

Можно предположить, что эфирная среда передает силу тяготения; она передает магнетизм солнечных пятен, ее колебания составляют свет, тепло и все влияния, связанные с солнечным лучом; и самый совершенный вакуум, который мы можем создать, способен передавать механическую энергию в огромных количествах, некоторые из которых лишь немногим отличаются от вакуума воздуха или кислорода при обычном барометрическом давлении; и почему бы таким образом не признать, говорит м-р Томсон, магнитные свойства, о которых мы знаем так мало, что не имеем права давать отрицательную оценку?

Мистер Уотерстоун также придерживается мнения, что было бы слишком узким взглядом, если бы мы ограничили функцию светоносного эфира передачей только физических импульсов. Атмосфера также передает физические импульсы, но это наименее важная из ее функций в природном хозяйстве. Ничто не должно мешать нам приписывать средствам массовой информации, связанным с излучением света и тепла, высшие функции электрической полярности и гравитации. Особые динамические механизмы, с помощью которых это осуществляется, могут когда-либо ускользнуть от нашего исследования; но поскольку нет предела *vis viva* (N. 222), которую такие среды могут сохранять в своих мельчайших частицах, то нет физической невозможности в том, что *vis viva* внезапно передается молекулам обычной материи в пропорции и последовательности, необходимых для поддержания порядка и системы природы.

Фундаментальный принцип действия в таких средах должен соответствовать *упругому удару*, поскольку на этом основана динамическая теория тепла и сохранения силы. Статические и

динамические характеристики тяготения и переливания сил соответствуют ему, так что все силы, удерживающие молекулы тел вместе, также должны подчиняться ему.^[20]

РАЗДЕЛ XXXV.

Эфирная среда—Кометы— Не беспокоят Солнечную систему—Их орбиты и возмущения—М. Комета Фэй, вероятно, совпадает с кометой Лекселя—Периоды трех других известных— Ускорение средних движений комет Энке и Биэлы—Удар кометы—Возмущающее воздействие Земли и планет на кометы Энке и Биэлы—Скорость комет—Комета 1264 года—Великая комета 1343 года—Физическое строение—Сияние заимствованным светом—Оценка их количества.

При рассмотрении строения Земли и окружающих ее жидкостей нашему вниманию представились различные предметы, некоторые из которых, насколько нам известно, ограничены планетой, на которой мы обитаем; некоторые являются общими для нее и для других тел нашей системы. Но всепроникающий эфир должен наполнять все видимое творение, поскольку он передает в форме света колебания, которые, возможно, были возбуждены в самых глубоких уголках Вселенной за тысячи лет до того, как мы были призваны к существованию. Существование такой среды, хотя и на первый взгляд гипотетическое, доказывается волновой теорией света и становится несомненным благодаря движению комет и их действию на пары, из которых они главным образом состоят. Часто представлялось, что хвосты комет вносят в нашу атмосферу новые вещества. Возможно, земля может притягивать часть этого туманного вещества, поскольку пары, поднимаемые солнечным теплом, когда кометы находятся в перигелии, и которые образуют их хвосты, рассеиваются в пространстве при их прохождении к своему афелию; но до сих пор это не производило никакого эффекта, и эти тела никогда не влияли на времена года. Свет кометы 1811 года, который был таким ярким, не отдавал никакого тепла, даже когда конденсировался на колбе термометра такой тонкой конструкции, что при нем была бы видна сотая доля градуса. По всей вероятности, хвосты комет могли проходить над землей так, что ее обитатели не осознавали их присутствия; и есть основания полагать, что это сделал хвост большой кометы 1843 года. М. Вальц заметил, что свет блестящей кометы затмился, когда она проходила над звездой 7-й величины, на основании чего М. Бабине вычислил, что свет кометы должен был быть в шестьдесят раз меньше, чем у звезды, и что материя, настолько ослабленная, не могла проникнуть в атмосферу Земли, но строение этих тел все еще остается предметом догадок.

Прохождение комет никогда ощутимо не нарушало стабильности солнечной системы; их ядра, являющиеся в целом всего лишь массой пара, настолько редки, а их пролет настолько быстр, даже когда они имели твердую часть, что времени было недостаточно для накопления достаточного импульса, чтобы произвести ощутимое действие. Действительно, г-н Дюсежур показал, что при самых благоприятных обстоятельствах комета не может оставаться дольше двух с половиной часов на расстоянии менее 10 500 лье от земли. Комета 1770 года прошла на расстоянии, примерно в шесть раз превышающем расстояние Луны от земли, даже не повлияв на наши приливы и отливы. Согласно Ла Плейсу, воздействие земли на комету 1770 года

увеличило период ее обращения более чем на два дня; и, если бы кометы обладали сколько-нибудь заметной возмущающей энергией, реакция кометы должна была бы увеличить продолжительность нашего года. Если бы масса этой кометы была равна массе Земли, ее возмущающее действие увеличило бы продолжительность звездного года на $2^{\text{ч}} 53^{\text{м}}$; но, поскольку расчеты Делабра на основе гринвичских наблюдений солнца показывают, что продолжительность года не увеличилась ни на долю секунды, ее масса не могла быть равна $\frac{1}{5000}$ -й части массы Земли. Это объясняет, почему одна и та же комета дважды пронеслась через систему спутников Юпитера, не нарушив движения этих лун. М. Дюсежур вычислил, что комета, равная по массе земле, проходящая на расстоянии 12 150 лье от нашей планеты, увеличила бы продолжительность года до $367^{\text{дней в сутки}} 16^{\text{ч}} 5^{\text{м}}$, а наклон эклиптики - на целых 2° . Таким образом, основное действие комет заключалось бы в изменении календаря, даже если бы они были достаточно плотными, чтобы воздействовать на землю.

Кометы пересекают все части неба; их траектории имеют всевозможный наклон к плоскости эклиптики, и, в отличие от планет, движение более половины из появившихся было ретроградным, то есть с востока на запад. Они видны только вблизи своего перигелия; тогда их скорость такова, что ее квадрат вдвое больше, чем у тела, движущегося по кругу на том же расстоянии: следовательно, они остаются на планетных орбитах лишь очень короткое время. И, поскольку все конические сечения с одинаковым фокусным расстоянием заметно совпадают по небольшой дуге с каждой стороны от конечности их оси, трудно установить, по какой из этих кривых движутся кометы, исходя из наблюдений, сделанных, как это неизбежно должно быть, вблизи их перигелия (N. 227). Вероятно, все они движутся по чрезвычайно эксцентрическим эллипсам; хотя в большинстве случаев параболическая кривая наиболее близко совпадает с их наблюдаемыми движениями. Некоторые из них, по-видимому, описывают гиперболы; такие, будучи однажды видимыми нами, исчезли бы навсегда, чтобы скитаться по безграничному пространству, к отдаленным системам Вселенной. Если предположить, что планета вращается по круговой орбите, радиус которой равен расстоянию в перигелии кометы, движущейся по параболе, площади, описываемые этими двумя телами за одно и то же время, будут равны единице квадратного корня из двух, что образует такую связь между движением комет и планет, что, согласно закону Кеплера, может быть найдено соотношение площадей, описываемых за одно и то же время кометой и землей; так что место кометы может быть вычислено в любое время на ее параболической орбите, исходя из момента, когда она движется. о его прохождении в перигелии. Определение всех других элементов параболического движения — задача очень сложной сложности, а именно расстояния по перигелию кометы, или кратчайшего расстояния от солнца, оцениваемого в частях среднего расстояния Земли от солнца; долготы перигелия; наклона орбиты в плоскости эклиптики; и долготы восходящего узла. Трех наблюдаемых долгот и широт кометы достаточно для вычисления приблизительных значений этих величин; но точная их оценка может быть получена только путем последовательных поправок на основе ряда наблюдений, удаленных друг от друга. Когда движение кометы ретроградное, положение восходящего узла в точности противоположно тому, которое оно имеет при прямом движении. Следовательно, расположение восходящего узла вместе с направлением движения кометы показывают, находится ли наклон орбиты на северной или южной стороне плоскости эклиптики. Если движение прямое, то наклон приходится на северную сторону; если ретроградный, то на южную.

Идентичность элементов - единственное доказательство возвращения кометы в нашу систему. Если элементы новой кометы совпадают или почти совпадают с элементами любой ранее

известной, вероятность идентичности двух тел очень велика, поскольку сходство распространяется не менее чем на четыре элемента, каждый из которых способен к бесконечному разнообразию. Но даже если орбита будет определена со всей точностью, которую допускает данный случай, может оказаться трудным или даже невозможным распознать комету при ее возвращении, потому что ее орбита сильно изменилась бы, если бы она проходила вблизи любой из крупных планет этой или любой другой системы, вследствие их возмущающей энергии, которая была бы очень велика для тел столь редкой природы.

Безусловно, самый любопытный пример возмущающего действия крупных тел нашей системы обнаружен в комете 1770 года. Элементы ее орбиты, определенные Мессье, не совпадали с элементами кометы, которые были вычислены до сих пор, однако Лексель установил, что она описывает эллипс вокруг солнца, большая ось которого всего в три раза превышает диаметр земной орбиты, и, следовательно, она должна возвращаться к солнцу с интервалом в пять с половиной лет. Этот результат был подтвержден многочисленными наблюдениями, поскольку комета была видна по дуге 170 °; однако эту комету никогда не наблюдали до 1770 года, и больше ее никогда не видели до 1843 года, хотя она и была очень яркой. Возмущающее действие более крупных планет дает решение этой аномалии, поскольку Лексель установил, что в 1767 году комета, должно быть, прошла мимо Юпитера на расстоянии менее пятьдесят восьмой части своего расстояния от солнца, и что в 1779 году она была бы в 500 раз ближе к Юпитеру, чем солнцу; следовательно, воздействие солнца на комету не составило бы и пятидесятой части того, что она испытала бы от Юпитера, так что Юпитер стал *primus mobile*. Предположив, что орбита такая, какую определил Лексель в 1770 году, Ла Плейс обнаружил, что действие Юпитера, предшествовавшее 1770 году, настолько полностью изменило его форму, что затем в поле зрения попала комета, которая была невидима для нас до 1770 года, и что действие той же планеты, оказавшее противоположный эффект, впоследствии в том же году удалило ее из поля нашего зрения, поскольку было вычислено, что она вращается по орбите, перигелий которой находится за орбитой Цереры. Однако действие Юпитера летом 1840 года, должно быть, было настолько велико из-за его близости к этому единственному телу, что он, по-видимому, вернул его на прежний путь, как он это сделал в 1767 году, поскольку элементы орбиты кометы, открытой в ноябре 1843 года М. Файе, настолько близки к элементам орбиты кометы Лекселя, что два тела должны были быть идентичными; однако, согласно последующим вычислениям М. Леверье, оказывается, что они не совпадают, что они оба были перенесены в нашу систему. благодаря притяжению Юпитера, и что они находятся в нем более века и часто приближались к земле незамеченными. Из-за малой эксцентриситета кометы Лекселя орбита напоминает орбиты планет, но эта комета подвержена большим возмущениям, чем любое другое тело в системе, потому что она проходит очень близко к орбите Марса, когда находится в перигелии, и очень близко к орбите Юпитера, когда находится в афелии; кроме того, она проходит на сравнительно небольшом расстоянии от орбит малых планет; и поскольку она будет продолжать пересекать орбиту Юпитера при каждом обороте, пока два тела не встретятся, ее периодическое время, которое сейчас составляет около семи лет, снова изменится, и она будет продолжать пересекать орбиту Юпитера при каждом обороте до встречи двух тел. но тем временем она должна была вернуться к своему перигелию в 1851 году. Эту комету можно было бы увидеть с земли в 1776 году, если бы ее свет не был затмен светом солнца. Относительно кометы Лекселя все еще существует так много сомнений, что в течение нынешнего, 1858 года, М. Леверье составил таблицу всех орбит, по которым комета могла двигаться после того, как покинула Юпитер в 1770 году, что позволит астрономам распознать комету, даже если элементы

ее орбиты будут сильно изменены. Он считает возможным, что его путь мог стать гиперболическим, но более вероятно, что могло иметь место увеличение его периодического времени. Вполне возможно, что кометы, часто посещающие нашу систему, могут быть обращены в сторону или другие принесены к солнцу притяжением планет, вращающихся за орбитой Нептуна, или тел, еще более удаленных от солнечного влияния.

Другие кометы, подверженные меньшим возмущениям, возвращаются к солнцу с установленными интервалами. Галлей вычислил элементы орбиты кометы, появившейся в 1682 году, которые настолько близко совпадали с элементами орбиты комет 1607 и 1531 годов, что он пришел к выводу, что это одно и то же тело возвращается к солнцу с интервалом примерно в семьдесят пять лет. Следовательно, он предсказал его повторное появление в 1758 году или в начале 1759 года. Наука во времена Галлея была недостаточно развита, чтобы позволить ему определить возмущения, которые могла испытывать эта комета; но Клеро вычислил, что вследствие притяжения Юпитера и Сатурна периодичность ее обращения будет настолько короче, чем во время ее обращения между 1607 и 1682 годами, что она пройдет свой перигелий 18 апреля 1759 года. Комета действительно прибыла в эту точку своей орбиты 12 марта, то есть за тридцать семь дней до назначенного срока. Впоследствии Клеро уменьшил ошибку до двадцати трех дней; и с тех пор Ла Плейс показал, что, если бы масса Сатурна была так же хорошо известна, как сейчас, прошло бы всего тринадцать дней. Из этого следует, что путь кометы в тот период был не совсем известен; и, хотя тогда было сделано много наблюдений, они были далеки от точности современных. Кроме того, с 1759 года орбита кометы была изменена из-за притяжения Юпитера в одном направлении и Сатурна, Урана и Нептуна в другом; и все же, несмотря на эти источники неопределенности и наше незнание всех возможных причин сошествия с орбиты неизвестных тел на границах нашей системы или в регионах за ее пределами, комета появилась точно в то время и недалеко от места, назначенного ей астрономами; и ее фактическое прибытие в свой перигелий незадолго до полудня 16 ноября 1835 года, когда она достигла своего перигелия. время отличалось от расчетного всего на несколько дней, что, вероятно, было связано с притяжением Нептуна.

Исполнение этого астрономического предсказания поистине чудесно, если учесть, что комету видно всего несколько недель во время ее прохождения через нашу систему и что она удаляется от солнца на семьдесят пять лет на расстояние, вдвое превышающее расстояние Урана. Эта огромная орбита в четыре раза длиннее своей ширины; ее длина составляет около 3420 миллионов миль, или примерно в тридцать шесть раз больше среднего расстояния Земли от солнца. В своем перигелии комета проходит на расстоянии почти пятидесяти семи миллионов миль от солнца, а в афелии она в шестьдесят раз дальше. Из-за такого большого радиуса действия он должен испытывать в 3600 раз больше света и тепла, находясь ближе всего к солнцу, чем в самой удаленной точке своей орбиты. В одном положении солнце будет казаться в четыре раза больше, чем оно нам представляется, а в другом оно не будет, по-видимому, крупнее звезды (N. 228.)

При первом появлении кометы Галлея в начале августа 1835 года она казалась просто шаровидной массой тусклого пара без хвоста. Концентрация света, немного сбоку от центра, увеличивалась по мере приближения кометы к Солнцу и Земле, и в последнее время она стала настолько похожа на диск маленькой планеты, что ее можно было принять за твердое ядро. М. Струве, однако, наблюдал центральное затмение кометой звезды девятой величины в Дерпте 29 сентября. Звезда оставалась постоянно видимой, без какого-либо значительного уменьшения

освещенности; и вместо того, чтобы затмиться, ядро кометы в момент соединения исчезло из блеска звезды. Хвост увеличивался по мере приближения кометы к своему перигелию, и незадолго до того, как он исчез в солнечных лучах, его длина составляла от тридцати до сорока градусов.

Согласно наблюдениям М. Вальца, величина туманности увеличивалась по мере приближения к Солнцу; но ни одна другая комета в истории наблюдений не демонстрировала таких внезапных и необъяснимых изменений внешнего вида. Она была невидима в течение двух месяцев, когда находилась вблизи своего прохождения перигелия, и когда она снова появилась 24 января 1836 года, ее облик полностью изменился; у нее не было хвоста, и невооруженным глазом она была похожа на туманную звезду; но в мощный телескоп она представляла собой маленькое, круглое, похожее на планету ядро диаметром 2", окруженное обширной комой, а в центре у нее была маленькая, яркая, твердая часть. Однажды было замечено, что ядро, ясное и четко очерченное, как диск планеты, стало затемняться и увеличиваться в течение нескольких часов. Но, безусловно, самым замечательным обстоятельством было внезапное появление определенных светящихся кистей или секторов, расходящихся от центра ядра сквозь туманность. М. Струве описывает ядро кометы в начале октября как эллиптическое и похожее на горящий уголь, из которого в направлении, почти противоположном хвосту, исходило расходящееся пламя, различающееся по интенсивности, форме и направлению, иногда даже двоящееся и наводящее на мысль о светящемся газе, вырывающемся из ядра. Однажды М. Араго увидел три таких расходящихся огня на стороне, противоположной хвосту, поднимающихся сквозь туманность, которую они значительно превосходили по яркости: после того, как комета миновала свой перигелий, она приобрела еще один из этих светящихся вееров, который наблюдал сэр Джон Гершель на мысе Доброй Надежды. Гевелиус описывает явление, в точности подобное тому, которое он наблюдал у этой кометы при ее приближении к солнцу в 1682 году, и нечто подобное, по-видимому, было замечено у кометы 1744 года. Возможно, второй хвост кометы 1724 года, направленный к солнцу, имел такую природу.

Влияние эфирной среды на движение кометы Галлея будет известно после следующего оборота, и будущие астрономы узнают по точности ее возвращения, столкнулась ли она с какой-либо неизвестной причиной возмущения в своем далеком путешествии. Неоткрытые планеты, находящиеся за видимой границей нашей системы, могут изменить свой путь и период обращения и, таким образом, могут косвенно раскрыть нам свое существование и даже свою физическую природу и орбиту. Тайны еще более отдаленных небес могут быть раскрыты будущим поколениям кометами, которые проникают еще дальше в космос, такими как комета 1763 года, которая, если верить вычислениям, проходит почти в сорок три раза дальше от солнца, чем комета Галлея, и показывает, что притяжение солнца достаточно сильно на огромном расстоянии в 15 500 миллионов миль, чтобы вернуть комету в ее перигелий. Говорят, что периоды обращения некоторых комет составляют многие тысячи лет, и даже среднее время обращения комет обычно составляет около тысячи лет; это доказывает, что сила притяжения Солнца распространяется очень далеко. По оценкам Ла Плейс, солнечное притяжение ощущается по всей сфере, радиус которой в сто миллионов раз превышает расстояние Земли от солнца.

Подлинные записи о комете Галлея датируются не более 1456 годом, однако с некоторой степенью вероятности ее можно отнести даже к периоду, предшествующему христианской эре. Но поскольку доказательства основаны только на совпадениях ее периодического времени,

которое может отличаться на целых восемнадцать месяцев от возмущающего действия планет, ее идентичность с кометами столь отдаленного времени следует рассматривать как крайне сомнительную.

Это первая комета, периодичность которой была установлена. Это также первая комета, элементы которой были определены на основе наблюдений, сделанных в Европе; поскольку, хотя кометы, появившиеся в 240, 539, 565 и 837 годах, являются самыми древними из тех, орбиты которых были прослежены, их элементы были вычислены на основе китайских наблюдений.

Кроме комет Галлея и Лекселя, в настоящее время известно, что десять или двенадцать других входят в состав солнечной системы; иными словами, они возвращаются к солнцу через определенные промежутки времени. Шесть из них имеют периоды менее восьми лет. Та, которую обычно называют кометой Энке, или кометой короткого периода, была впервые замечена М. Мессье и Мехеном в 1786 году, затем мисс Гершель в 1805 году, и ее возвращения, в 1805 и 1819 годах, наблюдались другими астрономами, у которых сложилось впечатление, что все четыре были разными телами. Однако профессор Энке не только доказал их идентичность, но и определил обстоятельства движения кометы. Его повторное появление в 1825, 1828 и 1832 годах соответствовало орбите, заданной М. Энке, который таким образом установил, что продолжительность его периода составляет почти 1204 дня. Эта комета очень мала, обладает слабым светом и невидима невооруженным глазом, за исключением очень благоприятных обстоятельств и в определенных положениях. У него нет хвоста, он вращается по эллипсу большой эксцентриситета, наклоненному под углом $13^{\circ} 22'$ к плоскости эклиптики, и подвержен значительным возмущениям из-за притяжения планет, которые вызывают изменения в его периодическом времени. Среди множества возмущений, которым подвержены планеты, их средние движения и, следовательно, главные оси их орбит не претерпевают изменений; в то время как, напротив, среднее движение Луны ускоряется из века в век — обстоятельство, которое сначала приписывали сопротивлению эфирной среды, пронизывающей космос, но впоследствии оказалось, что оно возникает из-за векового уменьшения эксцентриситета земной орбиты. Хотя сопротивление такой среды до сих пор не проявлялось в движениях таких плотных тел, как планеты и спутники, ее влияние на вращение комет не оставляет сомнений в ее существовании. Из многочисленных наблюдений, которые были сделаны при каждом возвращении кометы за короткий период, элементы были вычислены с большой точностью на основе гипотезы о ее движении в вакууме. Были определены его возмущения, вызванные возмущающим действием планет; и после того, как все, что могло повлиять на его движение, было должным образом рассмотрено, М. Энке обнаружил, что в его среднем движении происходило ускорение примерно на два дня при каждом обороте, точно подобное тому, которое было бы вызвано сопротивлением эфирной среды. И, поскольку это не может быть приписано причине, подобной той, которая вызывает ускорение Луны, следует заключить, что небесные тела не совершают своих оборотов в абсолютной пустоте, и что, хотя среда слишком редка, чтобы оказывать ощутимое влияние на массы планет и спутников, она, тем не менее, оказывает значительное влияние на такое редкое тело, как комета. Каким бы противоречивым ни казалось утверждение, что движение тела должно ускоряться за счет сопротивления эфирной среды, истина становится очевидной, если принять во внимание, что и планеты, и кометы удерживаются на своих орбитах двумя силами, которые точно уравновешивают друг друга; а именно, центробежной силой, создающей касательную скорость, и притяжением гравитирующей силы, направленной к центру Солнца. Если одна из

этих сил будет уменьшена по какой-либо причине, другая будет пропорционально увеличена. Итак, необходимый эффект сопротивляющейся среды заключается в уменьшении тангенциальной скорости, так что равновесие нарушается, сила тяжести преобладает, тело опускается к солнцу до тех пор, пока снова не восстановится равновесие между двумя силами; и, поскольку затем оно описывает меньшую орбиту, оно движется с увеличенной скоростью. Таким образом, сопротивление эфирной среды действительно ускоряет движение тела; но, поскольку сила сопротивления ограничена плоскостью орбиты, она не оказывает никакого влияния ни на наклон орбиты, ни на расположение узлов. Вычисляя его эффект, М. Энке предположил, что увеличение обратно пропорционально квадрату расстояния и что его сопротивление действует как касательная сила, пропорциональная квадратам фактической скорости кометы в каждой точке ее орбиты. Другая комета, принадлежащая нашей системе, которая возвращается к своему перигелию после периода в $6\frac{3}{4}$ years, has been accelerated in its „ движение за один оборот на целый день, что ставит существование эфира вне всяких сомнений и подтверждает волнообразную теорию света. Поскольку эта комета, которая вращается почти между орбитами Земли и Юпитера, ускоряется всего на один день при каждом обороте, в то время как комета Энке, вращающаяся почти между орбитами Меркурия и Паллады, ускоряется на два, эфирная среда должна увеличиваться в плотности по направлению к солнцу. Комета, о которой идет речь, была открыта М. Билой в Йозефштадте 27 февраля 1826 года, а десять дней спустя ее увидел М. Гамбар в Марселе, который вычислил ее параболические элементы и обнаружил, что они совпадают с элементами комет, появившихся в 1789 и 1795 годах, откуда он заключил, что это одно и то же тело, движущееся по эллипсу и совершающее свой оборот за 2460 дней. Возмущения этой кометы были рассчитаны М. Дамуазо, который предсказал, что она пересечет плоскость эклиптики 29 октября 1832 г., незадолго до полуночи, в точке, находящейся почти в 18 484 милях в пределах земной орбиты; и поскольку М. Ольберс из Бремена в 1805 году определил радиус головы кометы равным примерно 21 136 милям, было очевидно, что ее туманность окутает часть земной орбиты, — обстоятельство, которое вызвало некоторую тревогу во Франции из-за того, что, если бы голова кометы находилась на орбите Земли. любая тревожная причина задержала прибытие кометы на один месяц, земля, должно быть, прошла через ее голову. М. Араго развеял эти опасения своим превосходным трактатом о кометах в ежегоднике за 1832 год, где он доказывает, что, поскольку земля никогда не будет приближаться к комете ближе, чем на 18 000 000 британских лье, опасности столкновения быть не может. Эти две маленькие кометы представляют для земли большую опасность, чем любая другая. "Энке" пересекает земную орбиту шестьдесят раз за столетие и в конечном итоге может столкнуться, но оба случая настолько редки, что можно опасаться незначительных травм.

Земля упала бы на солнце через $64\frac{1}{2}$ дня, если бы в нее попала комета с достаточным толчком, чтобы разрушить ее центробежную силу. Какой могла быть первоначальная скорость земли, сказать невозможно. Следовательно, комета, возможно, нанесла ему удар, не изменив оси вращения, а лишь уменьшив часть его тангенциальной скорости, чтобы уменьшить размер орбиты — вещь отнюдь не невозможная, хотя и крайне маловероятная. Во всяком случае, нет никаких доказательств того, что это произошло; и очевидно, что ось вращения земли не изменилась, потому что, поскольку эфир не оказывает ощутимого сопротивления такому плотному телу, как земля, либрация и по сей день была бы очевидна в изменениях, которые она должна была вызывать в земных широтах. Предположив, что ядро кометы имеет диаметр, равный лишь четвертой части диаметра Земли, и что ее перигелий ближе к Солнцу, чем мы

сами, а ее орбита в остальном неизвестна, М. Араго вычислил, что вероятность того, что Земля получит от нее удар, составляет всего один к 281 миллиону, и что вероятность нашего соприкосновения с ее туманностью примерно в десять или двенадцать раз больше. Только кометы с ретроградным движением могут вступить в прямое столкновение с землей, и если импульс был большим, событие могло быть фатальным; но в целом вещество комет настолько редкое, что, вероятно, они не причинили бы большого вреда, если бы столкнулись; и даже тогда вред, вероятно, был бы локальным, и равновесие вскоре восстановилось бы, при условии, что ядро было газообразным или очень маленьким. Однако более вероятно, что земля лишь немного отклонилась бы от своего курса при приближении кометы, не будучи задетой ею. Наиболее близко к земле подошли кометы 837 года, которые оставались в течение четырех дней на расстоянии менее 1 240 000 лье от нашей орбиты; кометы 1770 года, которые приблизились примерно в шесть раз к Луне. Знаменитая комета 1680 года также прошла очень близко от нас; и комета, период которой составляет $6\frac{3}{4}$ года, была в десять раз ближе к земле в 1805 году, чем в 1832 году, когда она вызвала столько тревог.

Кометы Энке и Биелы в настоящее время находятся далеко от влияния Юпитера, но они не всегда будут оставаться такими, потому что, поскольку афелии и узлы орбит этих двух комет являются точками, которые ближе всего приближаются к орбите Юпитера при каждой встрече планеты и комет, большая ось кометы Энке будет увеличиваться, а кометы Биелы уменьшаться, пока со временем, когда близость достаточно увеличится, орбиты полностью не изменятся, как это было у Лексея в 1770 году. Каждые двадцать третий год, или после семи оборотов кометы Энке, происходит ее наибольшее сближение с Юпитером, и в это время его притяжение увеличивает период ее обращения на девять дней — обстоятельство, имевшее место в конце 1820 и 1843 годов. Но, исходя из положения тел, наблюдается уменьшение на три дня за шесть следующих оборотов, что уменьшает увеличение до шести дней за семь оборотов. Таким образом, до 1819 года периодическое время обращения кометы Энке составляло 1204 дня, а на совершение революции, закончившейся в 1845 году, ушло 1219 дней. Благодаря этому постепенному увеличению орбита кометы достигнет орбиты Юпитера через семь или восемь столетий, а затем при самом близком сближении двух тел она полностью изменится.

В настоящее время Земля и Меркурий оказывают наиболее сильное влияние на движение комет Энке и Биелы; и оказывали так долго, что, согласно расчетам мистера Эйри, нынешняя орбита последней была сформирована притяжением Земли, а орбита Энке — действием Меркурия. Что касается последней кометы, то это событие, должно быть, произошло в феврале 1776 года. В 1786 году у кометы Энке были и хвост, и ядро, сейчас у нее нет ни того, ни другого; единственный пример возможности их исчезновения. Это было в перигелии в 1855 году.

В 1846 году комета Биелы разделилась на два отдельных тела, по какой странной случайности — вообще загадка. Ядра двух комет были разделены примерно 150 000 милями, и они двигались вместе, их хвосты были параллельны, а над головами образовалась арка света. До этого времени комету Биелы никогда не видели с хвостом. Новая голова сначала была тусклой, но увеличивалась в размерах и яркости, пока не превзошла свою спутницу и в том, и в другом; кроме того, в центре у нее была ярко сверкающая точка, похожая на алмаз — постепенно она вернула свой тусклый вид, и ее период, по расчетам, был на восемь дней длиннее, чем у первоначальной головы. В 1853 году они отдалились друг от друга на большее расстояние, но все еще путешествовали вместе, хотя один стал меньше другого.

Комета, открытая М. Брорсеном из Киля 26 февраля 1846 года, прошла 20 апреля следующего года почти так же близко к Юпитеру, как и его четвертый спутник, когда притяжение Юпитера должно было быть в десять раз сильнее, чем у солнца; таким образом, есть все основания полагать, что орбита кометы изменится так же сильно, как орбита Лекселя; а другая, открытая падре де Вико в Риме 22 августа, по всей вероятности, будет так же сильно нарушена по той же причине. Одна из комет, обнаруженных этим астрономом, имеет период, который варьируется, согласно различным расчетам, от 55 до 99 лет; она определенно имеет эллиптическую орбиту. Комета, открытая в Неаполе мистером Питерсом, совершает оборот вокруг солнца за 16 лет; но комета Ольберса 1815 года должна пройти в космосе почти такое же расстояние, что и комета Галлея, поскольку ее период составляет 74 года. Два из них, обнаруженных М. Брорсеном, имеют периоды, один из 500, а другой из 28 лет; но относительно последнего существует некоторая неопределенность.

Период появления кометы в 1596 и 1845 годах составляет 249 лет; и если вычисления М. Аргеландера точны, орбита, которая до сих пор была присвоена великой комете 1811 года, должна быть ошибочной, поскольку он установил, что ее период равен 3066 годам.

Великая комета 1264 года, хвост которой простирался более чем на 100° от небесного свода, была замечена и зарегистрирована китайцами, и было установлено, что это та же самая комета, которая появилась в 1556 году и наблюдения за движением которой проводились в Вене в царствование императора Карла V. Но тогда она была менее яркой. Вследствие открытия первоначальных наблюдений кометы 1556 года Фабрициусом в Вене и Хеллером в Нюрнберге, м-р Хинд был вынужден вычислить ее орбиту для этого года; но после большого труда, которому помогли все усовершенствованные методы расчетов, он обнаружил, что наблюдения Хеллера настолько запутанны и даже ошибочны, что он не мог с какой-либо точностью определить кривую, описываемую кометой в то время, и, следовательно, мог только предсказать, что эпоха ее возвращения будет где-то между 1848 и 1861 годами. До того, как кометы достигают солнца, они редко бросаются в глаза; но если после прохождения своего перигелия они приближаются к земле, тогда у них появляются хвосты, и они становятся блестящими вследствие воздействия солнца на материю, из которой они образованы. Теперь, если рассматриваемая комета пройдет свой перигелий между мартом и октябрём, она, возможно, будет такой же замечательной, как и прежде; но если она приблизится ближе всего к Солнцу зимой, то положение ее орбиты относительно земли таково, что она может пройти незамеченной, что очень маловероятно, поскольку ее ищут почти во всех обсерваториях Европы и Соединенных Штатов. Почти вся его орбита лежит ниже плоскости эклиптики и далека от траекторий движения более крупных планет, но в космос он простирается более чем в два раза дальше Нептуна, или почти на шесть тысяч миллионов миль от Солнца.

Кометы в своем перигелии или вблизи него движутся с огромной скоростью. Тот, что был в 1680 году, по-видимому, сделал половину оборота вокруг солнца за десять с половиной часов, двигаясь со скоростью 880 000 миль в час. Если бы его огромная центробежная сила прекратилась при прохождении перигелия, он упал бы на солнце примерно через три минуты, поскольку в то время находился менее чем в 147 000 милях от его поверхности. Находясь так близко к солнцу, оно подвергалось бы воздействию тепла, в 27 500 раз превышающего то, которое получает земля; и поскольку предполагается, что солнечное тепло пропорционально интенсивности его света, вполне вероятно, что такой интенсивности тепла было бы достаточно, чтобы превратить в пар все земные вещества, с которыми мы знакомы. На расстоянии

перигелия диаметр солнца будет виден с кометы под углом 73° , так что солнце, видимое с кометы, будет покрывать почти все небо от горизонта до зенита. Поскольку предполагается, что период обращения этой кометы составляет 575 лет, большая ось ее орбиты должна быть настолько велика, что в афелии диаметр солнца уменьшился бы лишь на угол около четырнадцати секунд, что вдвое меньше диаметра Марса, который кажется нам противоположным. Следовательно, солнце не будет выделять тепла, так что комета будет подвергаться воздействию температуры эфирных областей, которая на 239° ниже нуля по Фаренгейту. Такое разреженное тело, как комета, движущееся с такой скоростью, должно было встретить большое сопротивление плотной атмосферы Солнца, проходя так близко от его поверхности в своем перигелии. Следовательно, центробежная сила должна была уменьшиться, а притяжение солнца пропорционально возросло, так что в 1680 году оно должно было подойти к солнцу ближе, чем во время своего предыдущего обращения, и впоследствии описывать меньшую орбиту. Поскольку это уменьшение ее орбиты будет повторяться при каждом обороте, комета неизбежно упадет на поверхность Солнца, если только ее курс не будет изменен возмущающим влиянием какого-нибудь крупного тела на неизвестных просторах мироздания. Наше незнание действительной плотности атмосферы Солнца, плотности кометы и периода ее обращения делает невозможным составить какое-либо представление о количестве столетий, которые должны пройти, прежде чем произойдет это событие.

Та же самая причина может повлиять на движение планет и, в конечном счете, стать средством разрушения солнечной системы. Но, как замечает сэр Джон Гершель, вряд ли все они могли вращаться в одном направлении вокруг солнца в течение стольких веков, не вызвав соответствующего движения в эфирной среде, которое может уберечь их от накопленных эффектов ее сопротивления. Если эта материальная среда будет вращаться вокруг Солнца подобно вихрю, она ускорит вращение тех комет, которые движутся прямолинейно, и затормозит те, которые движутся ретроградно.

Комета, неожиданно появившаяся в начале 1843 года, была одной из самых великолепных, когда-либо посещавших солнечную систему. Она находилась в созвездии Антиноя в конце января, на расстоянии 115 миллионов миль от земли, и прошла свой перигелий 27 февраля, когда была потеряна в солнечных лучах; но ее начали видеть примерно 3 марта, когда она находилась вблизи звезды Йота Цета, и ее хвост был вытянут в сторону Зайца. До прохождения перигелия у него не было хвоста; но в ту эпоху хвост внезапно вырывался наружу и простирался на расстояние 1826 миллионов миль примерно за полтора часа — самая необъяснимая скорость развития, которая указывает на некую мощную силу отталкивания в момент наибольшей близости к солнцу, когда образуются хвосты. Яркость кометы и длина ее хвоста продолжали увеличиваться, пока он не вытянулся далеко за пределы созвездия Зайца к точке над Сириусом. Сквозь него отчетливо были видны звезды, и когда комета приближалась к перигелию, она была настолько яркой, что при ясном солнечном свете в Соединенных Штатах ее можно было увидеть как белое облако. Движение было ретроградным, и, покинув солнечную систему, оно сразу так быстро удалилось от солнца и земли, что вскоре было потеряно из виду из-за недостатка света. 1 апреля он находился между солнцем и землей, всего в 40 миллионах миль от последней; а поскольку его хвост был по меньшей мере 60 миллионов миль в длину и 20 миллионов миль в ширину, мы, вероятно, прошли сквозь него, не осознавая этого. Существуют некоторые расхождения в различных расчетах элементов орбиты, но в большем числе случаев было обнаружено, что расстояние по перигелию меньше, чем полудиаметр Солнца, так что комета, должно быть, задела его поверхность, если на самом деле не столкнулась с ним косо.

Расстояние в перигелии этой кометы мало отличается от расстояния в перигелии большой кометы 1668 года, которая прошла так близко от солнца. Движение обеих было ретроградным, и определенное сходство в двух орбитах делает вероятным, что это одно и то же тело, совершающее оборот за 175 лет.

Хотя мы уже так хорошо знакомы с движением комет, мы ничего не знаем об их физическом строении. Огромное количество комет, особенно телескопических, представляют собой всего лишь облака или массы пара, часто без хвостов. Голова обычно состоит из концентрированной массы света, подобной планете, окруженной очень прозрачной атмосферой, и все это, рассматриваемое в телескоп, настолько прозрачно, что мельчайшую звезду можно увидеть даже сквозь самую плотную часть ядра; обычно их твердые части, если они у них есть, настолько малы, что не имеют ощутимого диаметра, как у кометы 1811 года, которая показалась сэру Уильяму Гершелю светящейся точкой в середине туманной материи. Ядра, которые, по-видимому, образуются из более плотных слоев этого туманного вещества в виде последовательных покрытий, иногда имеют огромную величину. Те кометы, которые приближались к солнцу в 1799 и 1807 годах, имели ядра диаметром 180 и 275 лье соответственно, а вторая комета 1811 года имела ядро диаметром 1350 лье.

Следует, однако, отметить, что, поскольку кометы обычно находятся на огромных расстояниях от земли, твердые части ядер кажутся простыми светящимися точками, настолько крошечными, что их невозможно измерить с какой-либо точностью, так что лучшие астрономы часто расходятся в оценке их размера на половину всего диаметра. Прохождение кометы через солнце дало бы наилучшую информацию о природе ядер. Было подсчитано, что такое событие должно было произойти в 1827 году; к сожалению, солнце было скрыто облаками от британских астрономов, но его исследовали в Вивье и Марселе в то время, когда комета должна была проецироваться на ее диск, но не было видно ни пятна, ни облака, так что у нее, должно быть, не было никакой твердой части. Ядра многих комет, которые невооруженным глазом казались твердыми и блестящими, были превращены в пар с помощью мощных телескопов; в комете Галлея твердой части вообще не было.

Туманность непосредственно вокруг ядра настолько прозрачна, что дает мало света; но на небольшом расстоянии туманная материя внезапно становится блестящей, так что выглядит как яркое кольцо вокруг тела. Иногда есть два или три таких светящихся концентрических кольца, разделенных темными промежутками, но они обычно неполные в части, следующей за хвостом.

Эти кольцевые проявления представляют собой оптический эффект, возникающий из-за последовательности оболочек туманного вещества с промежутками между ними, из которых первая иногда соприкасается с ядром, а иногда нет. Толщина этих ярких прозрачных покрытий у комет 1799 и 1807 годов составляла около 7000 и 10 000 лье соответственно; а у первой кометы 1811 года толщина светящегося кольца составляла 8000 лье, а расстояние между ее внутренней поверхностью и центром головки составляло 10 000 лье. Последняя комета была самой яркой из всех, когда-либо виденных в наше время; впервые она была открыта в нашей стране мистером Джеймсом Вичем из Инчбонни, а все ее изменения наблюдались сэром Уильямом Гершелем и М. Олберсом. Невооруженным глазом голова имела вид нечетко очерченной круглой световой массы, которая при взгляде в телескоп разделялась на несколько отдельных частей. Очень яркая внутренняя круглая масса туманной материи была окружена черным пространством параболической формы, сильно отличавшимся от темно-синего неба. Это темное пространство

было очень заметной ширины. Снаружи от черного интервала виднелся светящийся параболический контур значительной толщины, который продолжался с каждой стороны двумя расходящимися ветвями, которые образовывали раздвоенный хвост кометы. Сэр Уильям Гершель обнаружил, что блестящая внутренняя круглая масса теряла четкость своих очертаний по мере увеличения мощности телескопа и представляла собой все более и более рассеянную массу зеленоватого или голубовато-зеленого света, интенсивность которого постепенно уменьшалась, но не от центра, а от эксцентричного блестящего пятнышка, предположительно являющегося действительно твердой частью кометы. Светящаяся оболочка была ярко-желтого цвета, что сильно контрастировало с зеленоватым оттенком внутренней туманной массы. Звезды были почти скрыты светящейся оболочкой, в то время как, напротив, сэр Уильям Гершель увидел три чрезвычайно маленькие звезды, отчетливо сияющие в черном пространстве, которое было необычайно прозрачным. Поскольку оболочки формировались последовательно по мере приближения кометы к Солнцу, сэр Уильям Гершель предположил, что они представляют собой пары, поднятые его теплом с поверхности ядра и подвешенные вокруг него подобно своду или куполу под действием упругой силы обширной и очень прозрачной атмосферы. При приближении к солнцу покрытия начали формироваться, когда комета была так же далека, как орбита Юпитера, и при ее возвращении они очень скоро полностью исчезли; но новое покрытие образовалось после того, как она удалилась так далеко, что достигла орбиты Марса, что продолжалось несколько дней. Действительно, кометы в целом подвержены внезапным и сильным сотрясениям в своих недрах, даже находясь далеко от солнца, которые вызывают изменения, видимые на огромных расстояниях, и сводят на нет все попытки объяснения — вероятно, они вызваны электричеством или даже неизвестными нам причинами. Оболочки, окружающие ядро кометы со стороны, ближайшей к солнцу, расходятся на противоположной стороне, где они удлиняются в виде полого конуса, который является хвостом. По-видимому, в создании этого эффекта участвуют две силы отталкивания: одна от кометы, а другая от солнца, причем последнее является наиболее мощным. Оболочки находятся ближе к центру кометы на стороне, ближайшей к Солнцу, где эти силы противостоят друг другу; но на другой стороне силы объединяются, образуя хвост, переносящий частицы туманности на огромные расстояния.

Боковые края хвоста отражают больше света, чем центральная часть, потому что линия обзора проходит через большую глубину туманной материи, что создает эффект двух потоков, чем-то похожих на полярное сияние. Звезды сияют неизменным блеском через центральную часть хвоста, потому что их лучи пересекают его перпендикулярно его толщине; но, хотя они отчетливо видны через его края, их свет ослабляется из-за косого прохождения. Хвост великой кометы 1811 года был удивительно тонким; звезды, которые были бы полностью скрыты малейшим туманом, были видны сквозь 64 000 лье туманного вещества без малейшего преломления. Возможно, какая-то часть изменений во внешнем виде хвостов связана с вращением. Было замечено, что несколько комет вращаются вокруг оси, проходящей через центр хвоста. Комета 1825 года совершила свой оборот за 20½ часов, и быстрые изменения в светящихся секторах, исходящих от ядра кометы Галлея, по всей вероятности, были вызваны вращательным движением.

Два потока света, образующих края хвоста, в большинстве случаев соединяются на большем или меньшем расстоянии от ядра и обычно располагаются в плоскости орбиты. Хвосты следуют за кометами в их движении к солнцу, но опережают их при возвращении с небольшой степенью искривления; их видимая протяженность и форма меняются в зависимости от положения орбит

относительно эклиптики. В некоторых случаях хвост располагался под прямым углом к линии, соединяющей солнце и комету. Кривизна частично обусловлена сопротивлением эфира, а частично - тем, что скорость кометы больше скорости частиц на конце ее хвоста, которые отстают. Хвосты обычно имеют огромную длину; у кометы 1811 года длина одного из них составляла не менее ста миллионов миль, а у тех, что появились в 1618, 1680 и 1769 годах, хвосты простирались соответственно на 104, 90 и 97 градусов пространства. Следовательно, когда головы этих комет были установлены, часть концов их хвостов все еще находилась в зените. Иногда хвост разделен на несколько ветвей, как у кометы 1744 года, у которой было шесть, разделенных темными промежутками, каждый из которых шириной около 4° и длиной от 30° до 44° . Вероятно, они были образованы тремя полыми конусами туманного вещества, исходящими из разных оболочек и заключающими друг друга с промежутками между ними; боковые края этих конусов создавали бы видимость шести потоков света. Хвосты не достигают своей полной величины до тех пор, пока комета не покинет солнце. Когда кометы появляются впервые, они напоминают круглые пленки пара с небольшим хвостом или вообще без него. По мере приближения к солнцу их блеск увеличивается, а хвост удлиняется, пока они не теряются в его лучах; и только когда они выходят из более яркого солнечного света, они обретают свое полное величие. Затем они постепенно уменьшаются, их хвосты уменьшаются, и они исчезают, почти или совсем, прежде чем окажутся за пределами сферы телескопического зрения. У многих комет нет хвостов, как, например, у кометы Энке. Те, что появлялись в 1585, 1763 и 1682 годах, также были без хвостов, хотя последний, как записано, был таким же ярким, как Юпитер. Вещество хвоста должно быть чрезвычайно плавучим, чтобы предшествовать телу, движущемуся с такой скоростью: действительно, быстрота его подъема не поддается объяснению. Это приписывалось той силе солнца, которая производит те колебания эфира, которые составляют свет; но поскольку эта теория не объясняет комету 1824 года, у которой, как говорят, было два хвоста, один направленный к солнцу, а другой очень короткий, диаметрально противоположный ему, следует признать наше невежество в этом вопросе. В этом случае отталкивающая сила кометы, по-видимому, была больше, чем у солнца. Какой бы ни была эта неизвестная сила, есть примеры, когда ее воздействие огромно; ибо сразу после того, как великая комета 1680 года прошла свой перигелий, ее хвост достиг 100 000 000 миль в длину и был выброшен из головы кометы за короткий промежуток времени в два дня. Такое чрезвычайно разреженное тело, как комета, скорее всего, неспособно к притяжению, достаточно мощному, чтобы отозвать материю, отправленную на такое огромное расстояние; следовательно, по всей вероятности, оно рассеивается в пространстве или поглощается зодиакальным светом или туманностью, окружающей солнце, что может объяснять быстрое уменьшение, наблюдаемое в хвостах комет каждый раз, когда они возвращаются в свой перигелий. Если великая комета 1843 года окажется такой же, как комета 1668 года, то ее хвост должен был значительно уменьшиться.

Примечательно, что, хотя хвосты комет увеличиваются в длину по мере приближения к своему перигелию, есть основания полагать, что реальный диаметр головы уменьшается при приближении к солнцу и быстро увеличивается при удалении от него. Гевелий впервые наблюдал это явление, которое комета Энке проявила в очень необычной степени. 28 октября 1828 года эта комета находилась примерно в три раза дальше от солнца, чем 24 декабря; однако в первую дату ее видимый диаметр был в двадцать пять раз больше, чем во вторую, причем уменьшение было постепенным. М. Вальц объясняет это обстоятельство реальным уплотнением объема из-за давления эфирной среды, плотность которой наиболее быстро

увеличивается по направлению к поверхности Солнца и образует вокруг него обширную атмосферу. Однако месье Вальцу не приходило в голову, что эфирный флюид проникнет в туманную материю, вместо того чтобы сжимать ее. Сэр Джон Гершель, напротив, предполагает, что это может быть связано с попеременным преобразованием испаряющихся материалов в верхних слоях прозрачной атмосферы комет в состояния видимых облаков и невидимого газа под действием тепла и холода; или что некоторые из внешних туманных оболочек могут стать видимыми, когда комета прибывает в более темную часть неба, которая была подавлена ярким солнечным светом, когда она находилась поблизости. Первую из этих гипотез он считает полностью подтвержденной его наблюдениями за кометой Галлея, сделанными на мысе Доброй Надежды после ее возвращения с солнца. Он думает, что, по всей вероятности, вся комета, за исключением самой плотной части ее головы, исчезла и превратилась в прозрачное и невидимое состояние во время своего прохождения в перигелии: ибо когда она впервые появилась в поле зрения, покинув солнце, у нее не было хвоста, и ее вид был полностью изменен. Вскоре начала появляться параболическая оболочка, которая увеличивалась так сильно и так быстро, что ее увеличение было видно глазом. Это увеличение продолжалось до тех пор, пока не стало таким большим и таким слабым, что, наконец, оно полностью исчезло, оставив только ядро и хвост, который оно снова приобрело, но который также исчез; так что, наконец, осталось только ядро. Не только хвосты, но и туманная часть комет уменьшается каждый раз, когда они возвращаются в свой перигелий; после частых возвращений они должны были бы совсем потерять ее и представлять вид неподвижного ядра: это должно было бы произойти раньше с кометами с короткими периодами. Месье де ла Плейс предполагает, что комета 1682 года, должно быть, быстро приближается к этому состоянию. Если бы вещества полностью или даже в значительной степени испарились, комета исчезла бы навсегда. Возможно, по этой причине кометы исчезли из поля нашего зрения раньше, чем это произошло бы в противном случае.

Комета, открытая во Флоренции синьором Донати 2 июня 1858 года, была одной из самых красивых, которые видели с нашей планеты за многие годы, будь то из-за яркости *ядра*, или из-за длины и изящной формы *комы*; когда ее впервые обнаружили, она находилась вблизи звезды λ в созвездии Льва, находясь тогда на расстоянии 288 000 000 миль от земли; в августе ее ядро приобрело почти планетарный вид из-за концентрации ее света; 27 сентября голова кометы была обнаружена в созвездии Льва. казался почти таким же ярким, как Меркурий, но меньшего размера; при прохождении перигелия 30 сентября его диаметр, как установил синьор Донати, составлял 3"; в начале октября яркость звезды продолжала увеличиваться, хвост становился более удлиненным и описывал в небесах красивую дугу, занимая пространство почти в 40° , или длину 40 000 000 миль в солнечной системе. Вечером 5 октября ее видели с большей части Британии, в пределах 20° от Арктура, самой яркой звезды на северном небе, через которую проходила самая плотная часть, почти хвост, и через которую, несмотря на это, звезда сияла с неизменной яркостью. 30 октября, находясь в перигелии, комета находилась всего в 55 000 000 милях от солнца; 10-го числа она приблизилась ближе всего к земле, от которой была тогда удалена на 51 000 000 миль; и 15-го числа того же месяца приблизилась к Венере, находясь в то время на расстоянии менее одной десятой расстояния Земли от Солнца; если бы комета достигла своего перигелия несколькими днями раньше, Венера могла бы пройти через ее ядро, последствия чего для планеты было бы очень трудно себе представить. Движение кометы Донати - это то, что астрономы называют *ретроградным*, или с востока на запад. Оно перестало быть видимым в наших северных широтах в последнюю неделю октября, перейдя на южные

небеса, где оно пересечет созвездия Стрельца, Телескопия и Инда, приближаясь к большой звезде Тукан; после чего оно исчезнет до тех пор, пока почти не завершит свой оборот вокруг солнца. Наблюдаемая орбита этой замечательной кометы скорее напоминает эллипс, чем параболу; больший диаметр эллипса в 184 раза превышает диаметр орбиты Земли, или огромное расстояние в 35 100 000 000 миль — пространство, которое, каким бы большим оно ни было, меньше тысячной доли расстояния до ближайшей неподвижной звезды. Согласно расчетам М. Лоуи, и приняв эллиптическую орбиту, комета Донати не вернется в те же места на небесах в течение 2495 лет, что на 500 меньше периода обращения великой кометы 1811 года.

Синьор Донати заметил, что между 25 и 30 сентября в голове образовались две концентрические светящиеся полукруглые оболочки с темным пространством между ними. От их концов отходил конус хвоста, и неосвещенное или темное пространство простиралось на 20° от ядра к хвосту. 1 октября две оболочки были объединены в одну. Эта комета, как и комета Галлея, обнаружила некоторые странные неправильности, которые, как предполагается, возникают под действием солнца, когда оно находится вблизи своего перигелия. В разные периоды ее появления в ее ядре наблюдалось сильное возбуждение со светящимися струями, спиральными ответвлениями и т. Д., Как у больших комет 1680, 1744, 1811 годов. Луч света был выброшен с одной стороны ядра в сторону солнца, в то время как с другой стороны исходила газообразная струя, которая, по-видимому, образовывала начало второго хвоста внутри большого хвоста, и которая была прослежена на полградуса мистером Хиндом 19 сентября. Он наблюдал отчетливые спиральные завитки в хвосте, которые показывают, что эта комета совершает вращательное движение вокруг оси, проходящей через хвост.

Если кометы сияют заимствованным светом, они должны в определенных положениях проявлять фазы, подобные фазам луны; но такого появления обнаружено не было, за исключением одного случая, когда, как говорят, их наблюдали Гевелиус и Ла Гир в 1682 году. Как правило, свет комет тусклый — свет кометы 1811 года составлял лишь десятую часть света полной луны, — однако некоторые из них были достаточно яркими, чтобы быть видимыми при полном дневном свете, особенно комета 1744 года, которую видели без телескопа в час дня, когда светило солнце. Отсюда можно сделать вывод, что, хотя некоторые кометы могут быть совершенно прозрачными, другие, по-видимому, обладают твердой массой, напоминающей планету. Но светятся ли они своим собственным светом или отраженным, до сих пор так и не было удовлетворительно установлено. Даже если бы свет кометы был поляризован, это не дало бы возможности провести решающий тест, поскольку тело способно отражать свет, хотя и светит само по себе. М. Араго, однако, с большой изобретательностью открыл метод определения этого момента, независимый как от фазы, так и от поляризации.

Поскольку лучи света расходятся от светящейся точки, они будут рассеиваться на большем пространстве по мере увеличения расстояния, так что интенсивность света на экране в двух футах от объекта в четыре раза меньше, чем на расстоянии одного фута; в трех футах от объекта она в девять раз меньше; и так далее, уменьшаясь по интенсивности по мере увеличения квадрата расстояния. Поскольку самосветящаяся поверхность состоит из бесконечного числа светящихся точек, ясно, что чем больше протяженность поверхности, тем интенсивнее будет свет; отсюда можно заключить, что сила освещения такой поверхности пропорциональна ее протяженности и уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния. Несмотря на это, самосветящаяся поверхность, плоская или изогнутая, рассматриваемая через отверстие в металлической пластине, имеет одинаковый блеск на всех возможных расстояниях до тех пор,

пока она уменьшает осязаемый угол, потому что по мере увеличения расстояния в поле зрения попадает большая часть; и поскольку увеличение поверхности равно квадрату диаметра части, рассматриваемой в целом, оно увеличивается как квадрат расстояния. Следовательно, хотя количество лучей из любой точки поверхности, проходящих через отверстие, уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния, все же, поскольку протяженность поверхности, попадающей в поле зрения, увеличивается также в этом соотношении, яркость объекта остается одинаковой для глаза до тех пор, пока он имеет осязаемый диаметр. Например, Уран находится примерно в девятнадцать раз дальше от солнца, чем мы, так что солнце, видимое с этой планеты, должно казаться звездой диаметром в сто секунд и должно обладать для обитателей таким же блеском, каким оно было бы для нас, если бы мы смотрели на него через небольшое круглое отверстие диаметром в сто секунд. Ибо очевидно, что свет исходит от каждой точки поверхности солнца к Урану, тогда как через отверстие видна очень небольшая часть его диска; так что протяженность поверхности в точности компенсирует расстояние. Поскольку, таким образом, видимость самосветящегося объекта не зависит от угла, под которым он находится, пока он имеет осязаемую величину, если комета светит своим собственным светом, она должна сохранять свой блеск до тех пор, пока ее диаметр имеет осязаемую величину; и даже после того, как она потеряла видимый диаметр, она должна быть видна, подобно неподвижным звездам, и должна исчезать только вследствие крайней удаленности. Однако это далеко не так — кометы постепенно становятся тусклыми по мере увеличения расстояния до них и исчезают просто из-за потери света, в то время как они все еще сохраняют осязаемый диаметр, что подтверждается наблюдениями, сделанными вечером накануне их исчезновения. Таким образом, можно сделать вывод, что кометы светят, отражая солнечный свет. Самые яркие кометы до сих пор переставали быть видимыми, когда находились примерно в пять раз дальше от солнца, чем мы. Большинство комет, которые были видны с земли, имеют свой перигелий в пределах орбиты Марса, потому что они невидимы на таком расстоянии, как орбита Сатурна: по этой причине в записях нет ни одной, чей перигелий располагался бы за орбитой Юпитера. Действительно, комета 1756 года после своего последнего появления целых пять лет оставалась в пределах эллипса, описываемого Сатурном, и ни разу не была замечена. За последнее столетие на орбите Земли появилось более ста сорока комет, которые больше никто не видел. Если принять в качестве среднего периода каждого из них тысячу лет, то с помощью теории вероятностей можно вычислить, что общее число комет, находящихся в пределах орбиты Земли, должно составлять 1400; но поскольку Уран примерно в девятнадцать раз дальше, в пределах орбиты Урана может находиться не менее 11 200 000 комет. М. Араго делает иную оценку; он считает, что, поскольку известно, что расстояние в перигелии тридцати комет находится в пределах орбиты Меркурия, если предположить, что кометы равномерно распределены в пространстве, число комет, имеющих расстояние в перигелии в пределах орбиты Урана их должно быть до тридцати, как отношение куба радиуса орбиты Урана к кубу радиуса орбиты Меркурия, что делает число комет равным 3 529 470. Но это число может быть удвоено, если учесть, что из-за дневного света, туманов и большого южного склонения одна комета из двух должна быть скрыта от нас. Согласно М. Араго, более семи миллионов комет проходят в пределах орбиты Урана.

Различные степени скорости, с которыми планеты и кометы первоначально перемещались в пространстве, являются единственной причиной разнообразия формы их орбит, которое зависит только от взаимного соотношения между силой полета снаряда и притяжением Солнца.

Когда две силы в точности равны друг другу, возникает круговое движение; когда отношение снаряда к центральной силе в точности равно 1 к квадратному корню из 2, движение параболическое; любое соотношение между этими двумя приведет к движению тела по эллипсу, а любое отношение, большее, чем 1 к квадратному корню из 2, приведет к гиперболическому движению (N. 229).

Небесные тела могут двигаться по любой из этих четырех кривых в соответствии с законом всемирного тяготения: но, поскольку для создания кругового или параболического движения необходима одна определенная скорость, вряд ли можно предположить, что такие движения существуют в солнечной системе, где тела подвержены таким взаимным возмущениям, которые неизбежно изменили бы соотношение сил и заставили бы их двигаться по эллипсам в первом случае и по гиперболам в другом. Напротив, поскольку любое соотношение между равенством и соотношением 1 к квадратному корню из 2 приведет к эллиптическому движению, оно встречается в солнечной системе во всех ее разновидностях, от почти круглой до такой, которая граничит с параболической из-за чрезмерной эллиптичности. От этого зависит стабильность системы; взаимные возмущения лишь приводят к тому, что орбиты становятся более или менее эксцентричными, не меняя их природы.

По той же причине тела солнечной системы могли двигаться по бесконечному множеству гипербол, поскольку любое соотношение сил, большее того, которое вызывает параболическое движение, заставит тело двигаться по одной из этих кривых. Гиперболическое движение, однако, встречается очень редко; по-видимому, только две кометы движутся по орбитам такого рода, 1771 и 1824 годов; вероятно, все такие кометы уже достигли своего перигелия и, следовательно, никогда не вернутся.

Соотношение сил, определявших природу небесных орбит, таким образом, легко объясняется; но обстоятельства, определявшие эти соотношения, заставлявшие одни тела двигаться почти по кругу, а другие отклоняться к границам солнечного притяжения и заставлявшие все небесные тела вращаться в одном направлении, должны были иметь свое происхождение в первобытном состоянии вещей; но поскольку Высшему Разуму угодно использовать только гравитацию для поддержания этой справедливой системы, можно предположить, что она руководила ее созданием.

РАЗДЕЛ XXXVI.

Неподвижные звезды—Их количество—Млечный Путь—Двойные Звезды—Двойные системы—Их орбиты и периоды обращения—Цвета звезд—Звезды, которые исчезли—Переменные звезды—Изменение солнечного света—Параллакс и расстояния неподвижных звезд—Массы Звезд—Сравнительный свет звезд—Собственные движения Звезд—Видимые движения Звезд—Движение и скорость Солнца и Солнечной системы—Туманности—Их количество—Их каталог—Состоит из двух классов—Рассеянные туманности—Определенно сформированные туманности—Шаровые скопления—Блеск Млечного Способ—Распределение туманностей—

Магеллановы облака—Туманности вокруг η Аргуса—Строение туманностей и силы, которые их поддерживают —Метеориты и падающие звезды.

Каким бы большим ни казалось количество комет, это абсолютно ничто по сравнению с множеством неподвижных звезд. Невооруженным глазом видно только около 2000 объектов; но когда смотришь на небо в телескоп, кажется, что их количество ограничено только несовершенством инструмента. Зарегистрированное число достигает 200 000; их местоположение определено с большой точностью, и они сведены в каталог не только с целью определения географического положения по затмениям самых ярких из них, но и для того, чтобы служить ориентирами для обозначения мест появления комет и других небесных явлений. Сириус, α Центавра и Арктур - самые яркие звезды на небе; остальные классифицируются в соответствии с их видимым блеском, от первой до семнадцатой величины. Капелла, α Лира, Процион и еще двадцать или двадцать одна относятся к первой величине; α Персей, γ Орион, α Лебедь и всего пятьдесят или шестьдесят относятся ко второй; а к третьей их насчитывается около 200, таких как η Bootis и η Draconis, число которых увеличивается по мере уменьшения звездной величины. Звезды восьмой звездной величины едва заметны невооруженным глазом, и требуется очень хороший телескоп, чтобы увидеть звезды семнадцатой величины. Эта последовательность совершенно произвольна; но сэр Джон Гершель путем реальных измерений установил сравнительный блеск очень многих из них — например, он обнаружил, что свет звезды шестой величины в 100 раз меньше, чем свет звезды первой величины, и что Сириус образовал бы от трех до четырех сотен таких маленьких звезд. Если бы фотометрическая шкала была завершена, это имело бы наибольшее значение для переменных звезд.

Три или четыре самых ярких класса звезд рассеяны по небу довольно равномерно, за исключением зоны или пояса, следующего по курсу большого круга, проходящего через ϵ Ориона и α Креста, где их очень много, особенно в южном полушарии. Количество звезд всех величин, видимых невооруженным глазом, увеличивается по направлению к границам Млечного Пути, который получил свой блеск и название от рассеянного света мириад звезд; в некоторых его частях их так много, что более 50 000 человек прошли через поле зрения телескопа сэра Уильяма Гершеля в течение часа в зоне шириной всего в два градуса; во многих местах их количество неопределимо, и большинство из них чрезвычайно малы из-за своих огромных расстояний.

Млечный Путь, который образует столь заметную часть небосвода, представляет собой обширный и несколько сплюснутый слой или скопления звезд, опоясывающие небеса широкой полосой, разделенной в одной части своей окружности на два звездных потока, очень похожих на рис. 5, [рисунок 5](#). В некоторых местах она искривлена и сломана, а иногда удлиняется в виде ветвей, простирающихся далеко в космос. Его толщина невелика по сравнению с его длиной и шириной; однако в некоторых местах он непостижим даже в самые лучшие телескопы; в других есть основания полагать, что сквозь него можно видеть и даже за его пределами, в его собственной плоскости. Наблюдается постепенное, но быстрое увеличение скопления звезд по обе стороны плоского слоя по направлению к центру.

Солнечная система глубоко, хотя и эксцентрично, погружена в эту массу звезд, недалеко от той точки, где круглый слой разделяется на два потока. Описание сэром Джоном Гершелем звезд южного полушария показывает, что Млечный Путь является там самым великолепным объектом. “Общий вид южных циркумполярных регионов (включая в этом выражении 60° или 70°

расстояния от южного полюса) в высшей степени богат и великолепен благодаря превосходной яркости и широкому развитию Млечного Пути, который от созвездия Ориона до Антиноя представляет собой вспышку света, странно прерываемую, однако, пустыми и совершенно беззвездными участками, особенно в созвездии Скорпиона, вблизи α Центавра и Креста, в то время как к северу он становится бледным и тусклым и по сравнению с ним едва прослеживается. Я думаю, невозможно смотреть на эту великолепную зону с удивительно богатой и равномерно распределенной каймой звезд 3-й и 4-й величины, которая образует широкую юбку у ее южной границы, подобно обширному занавесу, без впечатления, доходящего почти до убежденности, что Млечный Путь - это не просто слой, а кольцо, или, по крайней мере, что наша система расположена в одной из более бедных или почти свободных частей его общей массы, и притом эксцентрично, так что находится гораздо ближе к области вокруг Креста, чем к той, что диаметрально противоположна ему”.

Те темные пустоты, которые древние мореплаватели называли “Угольными мешками”, которых так много между α Центавра и α Антарис, являются одними из самых необычных явлений в южном полушарии; они насыщенного черного цвета, хотя ни в коем случае не лишены чрезвычайно маленьких звезд, наблюдаемых в телескоп; темнота возникает из-за контраста, который эти почти пустые пространства образуют с чрезмерной яркостью окружающей части Млечного Пути, и внезапного резкого перехода от света к темноте. Самый большой и наиболее заметный из них - грушевидная пустота рядом с Южным Крестом. Та часть Млечного Пути, которая разделена в продольном направлении через его центр, находится между α Центавра и созвездием Лебеда: две полосы соединяются здесь и там узкими перемычками из сгущенных звезд, протянувшихся через более темное пространство между ними. В книге "Скорпион и Стрелец" сэр Джон Гершель описывает Млечный Путь как состоящий из определенных облаков света, перетекающих в скопления чрезвычайно мелких звезд, похожих на песок, не рассыпанный равномерно, как через сито, а как будто разбрасываемый пригоршнями, причем обеими руками сразу, оставляя темные промежутки. В этом удивительном изобилии звезды всех размеров, от 14-й до 20-й звездной величины, и даже вплоть до туманности. Через некоторое время такое же изобилие возобновляется, звезды невообразимо малы и их количество неопределимо велико — их миллионы и миллионники. Таким образом, существует большая неравномерность как в их распространении, так и в величине — в одних местах они сильно скоплены, в других глубокая чернота неба, по которому они тонко рассеяны, непреодолимо наводит на мысль, что в этих регионах мощность наших телескопов в значительной степени проникает сквозь звездный слой и за его пределы. Иногда мы смотрим сквозь слой звезд почти одинакового размера, небольшой толщины по сравнению с их расстоянием от нас, и нередко наблюдается двойной слой, один из крупных звезд расположен поверх другого из очень маленьких.

Самый южный из двух звездных потоков, образующих Млечный Путь в этой части небосвода, сохраняет непрерывное течение исключительной яркости и содержит одни из лучших звездных скоплений на небе. Один круг γ Стрельца представляет собой интенсивное скопление звезд, в некоторых частях которого их так много, что их невозможно перечислить; по очень умеренным оценкам, сэр Джон Гершель считает, что эта группа не может содержать менее ста тысяч звезд. Две другие группы между созвездиями Щита и Змееносца выделяются подобно ярко светящимся мысам в темном пространстве, разделяющем звездные потоки Млечного Пути.

Расстояние до неподвижных звезд слишком велико, чтобы допустить, что они имеют видимый диск, но они должны быть сферическими, если гравитация пронизывает все пространство, а есть все основания полагать, что так оно и есть. В мощный телескоп звезды подобны светящимся точкам: поэтому их затенение луной происходит мгновенно. Их мерцание возникает из-за внезапных изменений преломляющей способности воздуха, что было бы незаметно, если бы у них были диски, подобные планетам. Таким образом, по их видимым диаметрам ничего нельзя узнать об их расстоянии от нас или друг от друга. Хотя по внешнему виду звезд нельзя сделать никаких выводов относительно их расстояния, все же среди множества небесных тел некоторые находятся достаточно близко, чтобы демонстрировать отчетливые параллактические движения, возникающие в результате вращения Земли по ее орбите, исходя из которой было вычислено их расстояние до Солнца: α Центавра, самая яркая звезда в южном полушарии, является весьма примечательным примером. Профессор Хендерсон с мыса Доброй Надежды определил его параллакс равным $1''$ путем серии наблюдений за его положением в противоположные периоды года, то есть из противоположных точек земной орбиты. Впоследствии результат был подтвержден мистером Маклиром, который обнаружил, что сумма равна $0'' \cdot 913$. Разница между ними удивительно мала, учитывая множество неизбежных источников ошибок при определении таких ничтожных величин (N. 230).

Поскольку ни одна звезда в северном полушарии не имеет такого большого параллакса, в качестве параллактической единицы принимается дуга в $1''$. Теперь радиус равен синусу $1''$, как 206 265 равен 1; следовательно, α Центавра в 206 265 раз дальше от солнца, чем солнце от земли. Свету, пролетающему со скоростью 192 000 миль в секунду, должно потребоваться 3 года и 83 дня, чтобы добраться до нас от этой звезды.

Одна или две десятых секунды становятся очень большой ошибкой, когда максимальная величина параллакса составляет всего $1''$, и по этой причине, за исключением α Центавра, было обнаружено, что практически невозможно определить годовые изменения в видимых движениях одиночных звезд, на которые влияют прецессия, нутация, абберрация и колебания температуры инструментов, используемых для наблюдений. Однако, поскольку все это одинаково влияет на две звезды, расположенные рядом, разница в их движении не зависит от них. Из двух звезд, находящихся, по-видимому, в близком приближении, одна может сильно отставать от другой в пространстве. Они могут казаться близкими друг к другу, если смотреть с земли в одной части ее орбиты, но могут сильно расходиться, если смотреть с земли в другом положении, точно так же, как два земных объекта кажутся одним целым, если смотреть по одной прямой, но разделяются, когда наблюдатель меняет свое положение. В этом случае звезды не имели бы реального, а только кажущегося движения. Казалось бы, одна из них совершает ежегодные колебания взад и вперед по прямой линии по обе стороны от другой, движение, которое нельзя спутать с движением двойной системы, где одна звезда описывает эллипс вокруг другой; или если край орбиты обращен к земле, где для совершения колебаний требуются годы. Единственные обстоятельства, которые могут оказывать неравномерное влияние на звезды и которые должны быть устранены, - это правильное движение звезд в пространстве и специфическая абберрация, очень незначительная величина, возникающая из-за особенностей света звезды. Этот метод определения расстояний до неподвижных звезд был предложен Галилеем и безуспешно опробован доктором Лонгом. Сэр Уильям Гершель впоследствии применил это к некоторым двойным группам; и хотя он не нашел того, что искал, это привело к открытию орбитальных движений двойных звезд.

М. Струве был первым, кто применил этот метод, и то в очень сложном случае. Он обнаружил, что очень маленькая звезда находится близко к α Лире, и с помощью серии наиболее точных дифференциальных измерений с 1835 по 1838 год он обнаружил, что α Лира имеет параллакс $0'' \cdot 261$, что впоследствии было подтверждено наблюдениями М. Питерса; следовательно, α Лира в 789,600 раз дальше от солнца, чем земля.

Естественно было предположить, что в целом большие звезды ближе к земле, чем маленькие; но теперь есть основания полагать, что некоторые звезды, хотя и не являются яркими, все же ближе к нам, чем другие, которые сияют с большим великолепием. Это выводится из сравнительной скорости их собственного движения; все звезды имеют общее поступательное движение, которое в конечном итоге приводит к смещению звезд разных созвездий; но ни одна из известных нам звезд не движется так быстро, как 61 Лебедь, и по этой причине считалось, что она ближе к нам, чем любая другая, поскольку кажется, что объект движется быстрее, чем ближе он находится. Теперь М. Бессель увидел, что две крошечные и, вероятно, очень удаленные звезды находятся очень близко к 61 Лебедю, причем их направления от этой звезды находятся под прямым углом друг к другу; так что во время обращения Земли одно из этих расстояний было максимальным, а другое минимальным попеременно каждые три месяца. Это чередование, хотя и указывало на параллакс или разницу параллаксов всего в $0'' \cdot 348$, поддерживалось с такой совершенной регулярностью каждые три месяца, что не оставляет сомнений в его точности, что впоследствии было подтверждено наблюдениями М. Петерса в Полковой. Из этого небольшого параллакса следует, что 61 Лебедь должен находиться в 592 700 раз дальше от земли, чем Солнце, — расстояние, которое свет не преодолеет менее чем за девять лет и три месяца.

Мистер Хендерсон обнаружил, что параллакс Сириуса, самой яркой из всех звезд, равен всего $0'' \cdot 230$; следовательно, он более удален, чем 61 Лебедь, хотя последний имеет всего лишь 6-ю звездную величину.

М. Аргеландер вычислил, что видимая величина звезд зависит от их расстояния. Предположим, что все они имеют одинаковый размер, то наименьшие из них, видимые в 20-футовый телескоп-рефлектор сэра Уильяма Гершеля, а именно звезды 17-й звездной величины, будут в 228 раз дальше, чем звезды первой величины; и М. Питерс из Полькова, исходя из годового параллакса в тридцать пять, семь из которых в настоящее время определены очень точно, установил, что расстояние до ближайшей из них таково, что свету, пролетающему со скоростью 95 миллионов миль в секунду, потребовалось бы 15 с половиной лет, чтобы дойти от них до земли, и что звезда 17-й звездной величины может погаснуть за 3541 год, прежде чем мы об этом узнаем. (N. 231.)

Огромные пропасти, отделяющие звезды от солнца и, вероятно, друг от друга, без сомнения, поддерживают стабильность звездной системы точно так же, как в солнечной системе расстояния планет от солнца и спутников от их основных звезд расположены таким образом, чтобы сохранять их взаимные возмущения в должных пределах. Звезды, которые, как предполагается, находятся ближе всего к Солнцу, вероятно, находятся в большой зоне, пересекающей Млечный Путь между η Аргусом и α Крестом. Он состоит из ярких звезд созвездий Ориона, Большого Пса, Южного Креста, Кентавра, Волчанки и Скорпиона. Ось зоны наклонена под углом 20° к медиальной линии, или окружности, проходящей через центр Млечного Пути.

Очень большое количество звезд претерпевают периодические изменения блеска, варьирующиеся в некоторых случаях от полного исчезновения до их первоначального блеска, что наводит на мысль о том, что они временно затемнены, а иногда и полностью скрыты непрозрачными телами, вращающимися вокруг них с регулярной периодичностью, подобно планетам вокруг Солнца.

Звезда Мира, или ω Кита, на периодичность которой Фабрициус впервые обратил внимание в 1596 году, появляется примерно двенадцать раз за одиннадцать лет, или с периодами $331^{\text{день}} 8^{\text{часов}} 4^{\text{м}} 16^{\text{с}}$; наибольшей яркости она остается около двух недель, в некоторых случаях равняясь большой звезде второй величины; затем она уменьшается в течение примерно трех месяцев, пока не станет полностью невидимой невооруженным глазом, в таком состоянии она остается около пяти месяцев; после этого она продолжает увеличиваться в течение оставшегося времени. о его периоде. Таков общий ход его изменений; но он не всегда возвращается к той же степени яркости, не увеличивается и не уменьшается одними и теми же градациями, и последовательные интервалы его максимумов не равны. Из наблюдений и исследований М. Аргеландера следует, что приведенный средний период подвержен колебаниям, охватывая 88 таких периодов и приводя к постепенному удлинению и укорачиванию попеременно этих интервалов до 25 дней в ту или иную сторону. Неравномерности в степени яркости, достигаемой на максимуме, вероятно, также носят периодический характер. В течение четырех лет, предшествующих 1676 году, он вообще не появлялся; а 5 октября 1839 года по блеску превзошел α Кита и сравнялся с β Ауриги. Эти неоднородности могут быть вызваны периодическими возмущениями среди непрозрачных тел, вращающихся вокруг звезды. Алгол, или β Персей, - еще один очень замечательный пример переменной звезды. Она имеет размер звезды второй величины в течение двух дней и тринадцати с половиной часов, а затем внезапно начинает уменьшаться в блеске, пока примерно через три с половиной часа не уменьшится до размера звезды четвертой величины; затем она снова начинает увеличиваться и еще через три с половиной часа вновь обретает свою яркость, проходя все эти перипетии за $2^{\text{дня}} 20^{\text{часов}} 48^{\text{м}} 54^{\text{с}}$. 7. Сэр Джон Гершель и мистер Гудрик, которыми переменная природа этой звезды была открыта в 1782 году, сочли этот случай убедительным свидетельством вращения непрозрачного тела, которое, проходя между нами и Алголом, отсекает большую часть света. За этой звездой наблюдали постоянно, и более поздние наблюдения, по сравнению с древними, указывали на уменьшение периодического времени. Доказано даже, что это уменьшение не является равномерно прогрессирующим, а фактически протекает с ускоренной быстротой, которая, однако, вероятно, не будет продолжаться, а постепенно ослабнет, а затем сменится увеличением, согласно законам периодичности, которые, как и их причины, еще предстоит выяснить. Первый минимум этой звезды в 1844 году произошел 3 января в $4^{\text{часа}} 14^{\text{м}}$ по Гринвичскому времени. γ Hydra также исчезает и появляется вновь каждые 494 дня. в 1784 году мистером Гудриком было обнаружено, что β -лира изменчива, а ее период был определен Аргеландером как $12^{\text{дней}} 21^{\text{ч}} 53^{\text{м}} 10^{\text{с}}$, за это время происходят двойной максимум и минимум, причем два максимума почти равны, но два минимума неравны; помимо этих полупериодов, наблюдается медленная абберрация периода, которая, по-видимому, сама по себе периодична: с момента ее открытия до 1840 года время непрерывно удлинялось, но все больше и больше более медленными темпами, пока в 1840 году он не перестал увеличиваться и с тех пор медленно снижался.

Звезды δ Цефея и η Aquilæ, или Antinoi, было обнаружено, что переменная в 1784 году; их соответствующие периоды, составляет $5^{\text{д}} 8^{\text{ч}} 47^{\text{м}} 39^{\text{с}}$ и $7^{\text{д}} 4^{\text{ч}} 13^{\text{м}} 53^{\text{с}}$, были точно определены.

Помимо этих, были приблизительно установлены вариации от 30 до 40, и м-ром Хиндом было обнаружено, что еще очень многие из меньших звезд изменчивы, который заметил, что многие из тех звезд, которые остаются видимыми на минимуме, кажутся туманными и нечеткими, как будто вмещалась какая-то облачная или туманная среда. Некоторые переменные звезды красные, а другие демонстрируют последовательные изменения в синем, желтом и красном цветах. Когда яркость увеличивается, звезда приобретает голубоватый оттенок, когда она достигает своего максимального блеска, она приобретает желтый оттенок, а при ее уменьшении становится красноватой со вспышками ярко-красного света. Эти изменения очень заметны в маленькой звезде рядом со звездой 77, на оконечности южного крыла Девы.

Сэр Джон Гершель, описав великолепие звездных небес, спрашивает: “С какой целью мы должны предполагать, что такие великолепные тела рассеяны в бездне космоса? Конечно, не для того, чтобы освещать *наши* ночи, для чего гораздо лучше подошла бы дополнительная луна размером в тысячную долю нашей собственной, и не для того, чтобы блистать, как зрелище, лишенное смысла и реальности, и сбивать нас с толку тщетными догадками. Верно, что они полезны для человека как точки точного и постоянного отсчета; но тот, кто может предположить, что человек является единственным объектом заботы своего Создателя, или кто не видит в обширном и чудесном аппарате, окружающем нас, обеспечения для других рас одушевленных существ, должно быть, мало изучал астрономию. Планеты, как мы видели, получают свой свет от солнца, но этого не может быть в случае со звездами. Тогда они, несомненно, сами являются солнцами и, возможно, каждое в своей сфере, являются управляющим центром, вокруг которого могут вращаться другие планеты или тела, о которых мы не можем составить никакого представления ни по какой аналогии, предложенной нашей собственной системой”.

Другое обстоятельство показывает, насколько вероятно, что темные тела вращаются среди звезд. Собственное движение Сириуса очень неравномерно — иногда оно быстрое, а иногда медленное; Бессель и Питерс приписывают причину темному спутнику, который вращается вместе с Сириусом вокруг их общего центра тяжести и своим притяжением нарушает равномерное движение звезды.

Иногда звезды появлялись все сразу, сияли ярким светом и исчезали. Зарегистрировано несколько случаев появления таких временных звезд. В 125 году произошло замечательное событие, которое, как говорят, побудило Гиппарха составить первый каталог звезд. Другая звезда внезапно появилась около α Аквилы в 389 году, которая исчезла, оставаясь в течение трех недель такой же яркой, как Венера. 10 октября 1604 года в созвездии Змееносца вспыхнула яркая звезда, которая оставалась видимой в течение года; а 11 ноября 1572 года в Кассиопее внезапно засияла звезда, яркость которой быстро увеличивалась, пока она не превзошла яркость Юпитера настолько, что была видна в полдень. Он начал уменьшаться в декабре того же года, а в марте 1574 года полностью исчез, приобретая различные оттенки. Однако есть подозрение, что эта звезда периодически изменяется и идентична звездам, появившимся в 945 и 1264 годах. Более поздний случай произошел в 1670 году, когда в голове Лебедя была обнаружена новая звезда, которая, став невидимой, снова появилась и, претерпев множество изменений в освещении, исчезла через два года, и с тех пор ее никогда не видели. 28 апреля 1848 года мистер Хинд открыл звезду 5-й величины в созвездии Змееносца, которая была очень заметна невооруженным глазом, и где, он был уверен, никогда не существовало звезды даже такой яркой, как 9-я величина, и не было никаких записей о такой звезде. С момента своего

открытия он продолжал уменьшаться, пока не вымер. Его цвет был красноватым и, как считалось, претерпел значительные изменения, вероятно, из-за его низкого положения, поскольку его полярное расстояние составляло $102^{\circ} 39' 14''$.

Сэр Джон Гершель обнаружил очень необычные изменения в звезде η созвездия Арго. Она окружена замечательной туманностью, и между 1677 и 1826 годами ее величина дважды менялась с 4-й по 2-ю, но в начале 1838 года ее блеск внезапно усилился, так что она стала почти такой же яркой, как альфа Центавра. Оттуда оно уменьшилось, но не ниже первой величины до апреля 1843 года, когда снова увеличилось, превзойдя Канопус и почти сравнявшись по блеску с Сириусом. По поводу этого необычного явления сэр Джон Гершель отмечает, что “Все ранее зарегистрированные временные звезды полностью вымерли. Переменные звезды, насколько на них было обращено пристальное внимание, демонстрировали периодическую и регулярную смену (по крайней мере, в некоторой степени) блеска и сравнительной темноты; но здесь мы имеем звезду, изменчивую скачками в поразительной степени, колебания которой растянуты на столетия, по-видимому, без определенного периода и без регулярной прогрессии. Какое происхождение мы можем приписать этим внезапным вспышкам и рецидивам? Какие выводы мы должны сделать относительно комфорта или обитаемости системы, зависящей в плане подачи света и тепла от столь непостоянного источника? Его будущая карьера будет предметом повышенного физического интереса. К этому сообщению я только добавлю, что в начале 1838 года яркость этой звезды была настолько велика, что существенно мешала наблюдениям за той частью туманности, которая ее окружает.” Сэр Джон также обнаружил, что α Ориона переменчива, и это обстоятельство тем более примечательно, что это одна из самых заметных звезд нашего полушария, и все же ее изменения никогда не были замечены. Выводы, которые сэр Джон делает из явлений переменных звезд, слишком интересны, чтобы не быть изложенными его собственными словами. “Периодические изменения, происходящие в столь значительной степени в такой большой и яркой звезде, как альфа Ориона, не могут не привлечь внимания к этому предмету и не возродить рассмотрение тех предположений, касающихся возможности изменения блеска самого нашего солнца, которые впервые были выдвинуты моим отцом. Если между солнцем и неподвижными звездами действительно существует природная общность, то каждое полученное нами доказательство широкой распространенности таких периодических изменений на этих удаленных телах увеличивает вероятность обнаружения чего-либо подобного ближе к дому. Если бы наше солнце когда-либо было намного ярче, чем сейчас, средняя температура поверхности нашего земного шара, конечно, была бы пропорционально выше. Сейчас я говорю не о периодических, а о вековых изменениях. Но аргументация усложняется рассмотрением возможной несовершенной прозрачности пространства, которая может быть вызвана материальными несветящимися частицами, рассеянными нерегулярно в виде пятен, аналогичных туманностям, но в значительной степени - короче говоря, космическими облаками, на существование которых, я думаю, у нас есть некоторое указание в необычных и, по—видимому, капризных явлениях временных звезд и, возможно, в недавнем необычайном увеличении и едва ли менее внезапном уменьшении переменные звезды возникают из-за того, что вокруг них вращаются непрозрачные тела; действительно, есть веские основания полагать, что в отдаленных регионах космоса существуют солнечные системы, аналогичные нашей. Нашему солнцу требуется в девять раз больший период Алголя, чтобы совершить оборот вокруг своей оси, в то время как, с другой стороны, периодическое время вращения непрозрачного вращающегося тела, достаточно большое, чтобы вызвать

аналогичное временное затемнение солнца, видимого с неподвижной звезды, составило бы менее четырнадцати часов.

Возможно, что уменьшение освещенности некоторых переменных звезд может быть вызвано большими пятнами на их поверхности, подобными тем, которые иногда наблюдаются в сияющих жидких массах на поверхности солнца. Одно из этих пятен, измеренное сэром Джоном Гершелем 20 марта 1836 года, вместе с его полутенью занимало площадь в 3780 миллионов квадратных миль; и черная центральная часть пятна, появившегося 25 мая следующего года, позволила бы глобусу земли провалиться сквозь него, оставив тысячи миль свободного пространства вокруг этой огромной пропасти.

Все переменные звезды, на записи которых четко указаны места, без исключения встречались на границах Млечного Пути или вблизи них, и то только в пределах следующего полукруга, предыдущий не давал примеров такого рода.

Многие звезды действительно исчезли с небес. 42 Звезды Вирджинии, по-видимому, входят в это число, поскольку были пропущены сэром Джоном Гершелем 9 мая 1828 года и больше не были найдены, хотя у него часто была возможность наблюдать эту часть неба. Мистер Купер из обсерватории Маркри привел список из пятидесяти звезд, пропавших без вести с момента публикации его списка звезд в 1847 году. Сравнивая нынешнее состояние небес с более древними каталогами, можно сказать, что исчезло гораздо большее их количество.

Тысячи звезд, которые кажутся всего лишь яркими точками света, при тщательном изучении оказываются на самом деле системами из двух или более солнц, многие из которых, как известно, вращаются друг вокруг друга. Эти двойные и кратные системы очень удалены, поэтому требуются мощные телескопы, чтобы видеть звезды по отдельности. Они разделены на восемь классов в зависимости от близости двух звезд. К первому классу относятся только те, которые находятся на расстоянии менее 1" космического пространства друг от друга; звезды второго класса находятся на расстоянии более 1" и менее 2" и т.д. и т.п. Иногда две звезды одинаковой величины, но чаще заметную звезду сопровождает спутник меньшего размера. В некоторых случаях сама заметная звезда двойная, как, например, у ζ Рака, ξ Скорпиона, 11 Одинольных и 12 Рысей, которые являются тройными звездами. Каждая из двух звезд Лиры - красивая и близкая двойная звезда; так что то, что в обычный телескоп кажется просто двойной звездой, оказывается четырехкратным с помощью очень превосходного инструмента. Множественная система θ Ориона - один из самых замечательных объектов в нашем полушарии. Невооруженным глазом и в обычный телескоп это кажется единственной звездой, но на самом деле она состоит из четырех ярких звезд, образующих трапецию, и сопровождается двумя чрезвычайно маленькими и очень близкими спутниками, увидеть *обоих* из которых является самым суровым испытанием для телескопа.

Первый каталог двойных звезд, в котором указаны их места и относительные положения, был составлен благодаря таланту и трудолюбию сэра Уильяма Гершеля, сделавшего так много великих открытий, и с которым зародилась идея их объединения в двойные и кратные системы; и этот важный факт он установил, обнаружив вращательное движение в 50 или 60 раз и определив вращение одной звезды вокруг другой Кастора, или α Geminorum, самой большой и прекрасной двойной звезды в северном полушарии. Он даже определил приблизительное периодическое время для этой и нескольких других двойных систем. В настоящее время известно, что более 100 звезд являются звездными системами. Положения многих сотен звезд

были измерены сэром Джоном Гершелем и сэром Джеймсом Саутом; а каталог двойных звезд в северном полушарии, который был измерен микрометрически, был увеличен до более чем 6000 М. Бесселем, Струве и британскими астрономами.

Астрономы наших колониальных учреждений опубликовали обширные каталоги двойных звезд в южном полушарии. К ним сэр Джон Гершель добавил 1081 год во время своей резиденции на мысе Доброй Надежды: он измерил углы расположения и расстояния звезд друг от друга и обнаружил, что многие из них имеют очень быстрое орбитальное движение. Эллиптические элементы орбит и периодичность обращения пятнадцати были определены самими выдающимися астрономами с поразительной точностью, учитывая огромные расстояния и чрезвычайную деликатность и сложность предмета. Заслуга М. Савари в том, что он первым определил элементы орбиты двойной звезды на основе наблюдений. Трудность этого огромна, потому что ближайшая неподвижная звезда находится в 211 000 раз дальше от Солнца, чем Земля, а саму орбиту можно увидеть только в самые лучшие телескопы; следовательно, очень небольшая ошибка при наблюдении приводит к огромной ошибке в определении величин на таком расстоянии.

При наблюдении взаимного расположения звезд двойной системы измеряется расстояние между ними, а также угол положения, то есть угол, который меридиан, или параллель к экватору, составляет с линией, соединяющей две звезды. Различные значения угла наклона показывают, движется ли вращающаяся звезда с востока на запад или наоборот; является ли движение равномерным или переменным и в каких точках оно наибольшее или наименьшее. Измерения расстояний показывают, приближаются ли две звезды друг к другу или удаляются. Исходя из этого, определяются форма и характер орбиты. Если бы наблюдения были совершенно точными, четырех значений угла положения и соответствующих расстояний в данной эпохе было бы достаточно, чтобы определить форму и положение кривой, описываемой вращающейся звездой; однако это редко случается. Точность каждого результата зависит от использования среднего значения большого числа наилучших наблюдений и устранения ошибки путем взаимного сравнения. Расстояния между звездами настолько малы, что их невозможно измерить с той же точностью, что и углы положения; следовательно, чтобы определить орбиту звезды независимо от расстояния, необходимо принять в качестве наиболее вероятной гипотезы, что звезды подчиняются закону всемирного тяготения и, следовательно, что одна из двух звезд вращается по эллипсу вокруг другой, предположительно находящейся в состоянии покоя, хотя и не обязательно в фокусе. Таким образом, кривая строится графически с помощью углов расположения и соответствующего времени наблюдения. Угловые скорости звезд вычисляются путем проведения касательных к этой кривой через указанные интервалы времени, откуда становятся известны видимые расстояния, или радиусы-векторы вращающейся звезды, для каждого угла положения, поскольку по законам эллиптического движения они равны квадратным корням из видимых угловых скоростей. Теперь, когда известны углы положения, оцененные по данной линии, и соответствующие расстояния двух звезд, можно нарисовать другую кривую, которая будет представлять на бумаге фактическую орбиту звезды, спроецированную на видимую поверхность небес; так что эллиптические элементы истинной орбиты и ее положение в пространстве могут быть определены с помощью комбинированной системы измерений и вычислений. Но, поскольку эта орбита была получена на основе гипотезы о том, что в этих отдаленных регионах преобладает гравитация, которая не могла быть известна *априори*, ее необходимо сравнить с как можно большим количеством

наблюдений, чтобы установить, насколько вычисленный эллипс согласуется с кривой, фактически описываемой звездой.

γ Virginis состоит из двух звезд почти одинаковой величины; в начале и середине прошлого века они находились так далеко друг от друга, что были упомянуты Брэдли и отмечены в каталоге Майера как две разные звезды. С тех пор они постоянно приближались друг к другу, пока в январе 1836 года адмирал Смит из своей обсерватории в Бедфорде и сэр Джон Гершель с мыса Доброй Надежды не увидели, как одна звезда затмила другую. Серия наблюдений, проведенных с начала нынешнего столетия, позволила сэру Джону с необычайной достоверностью определить форму и положение эллиптической орбиты вращающейся звезды с помощью описанного выше метода. Согласно его расчетам, она достигла своего перигелия 18 августа 1834 года. Ее предыдущая скорость была настолько велика, что вращающаяся звезда описывала угол в 68° за один год. По законам эллиптического движения его угловая скорость должна уменьшаться до тех пор, пока он не достигнет своей афелии. Точность, с которой измеряются движения двойных систем, и мастерство, используемое при выводе эллиптических элементов, в настоящее время настолько велики, что периодическое время γ Virginis, определенное сэром Джоном Гершелем и адмиралом Смитом из их соответствующих обсерваторий, в сочетании с периодом сэра Уильяма Гершеля, отличается всего на два года: сэр Джон получил период в 182 года, адмирал Смит - в 180. С помощью более многочисленных наблюдений м-р Флетчер установил, что истинный период составляет 184,53 года и что вращающаяся звезда прошла свой перигелий в 1837 году. Именно такими последовательными шагами астрономия доводится до совершенства (N. 232).

Некоторые из двойных звезд имеют очень длительные периоды, такие как ϵ Корона, когда вращающейся звезде требуется почти 737 лет, чтобы совершить полный оборот. Другие, опять же, имеют очень короткие периоды, такие как η Корона, ζ Рак и ξ Большая Медведица, периодичность которых составляет $42 \cdot 500$, $58 \cdot 91$ и $58 \cdot 26$ лет соответственно: следовательно, каждый из них совершил более одного полного оборота с момента наблюдения за их движением. ζ Геркулес, периодичность которого составляет всего около $30\frac{1}{4}$ года, совершил два полных оборота, причем меньшая звезда каждый раз затмевалась большей. Первое из этих двух поистине замечательных событий, когда одно солнце затмило другое, было замечено сэром Уильямом Гершелем в 1782 году.

Определение орбит и периодов времени столь многих из этих двойных систем, вне всякого сомнения, доказывает, что солнце вращается вокруг солнца на звездном небосводе по тому же закону тяготения, который заставляет землю и планеты вращаться вокруг Солнца (N. 232).

Поскольку параллакс 61 Лебеда и α Центавра были определены, сэр Джон Гершель сделал следующее приближение к размерам их орбит и масс. Расстояние между двумя звездами 61 Лебеда, то есть радиус-вектор вращающейся звезды, с момента первых наблюдений почти не менялось от $15'' \cdot 5$; в то время как за это время звезда переместилась на 50° ; следовательно, очевидно, что ее орбита должна быть почти круговой. Она находится под прямым углом к визуальному лучу, а периодическое время составляет 514 лет. Параллакс или радиус орбиты Земли, видимый со звезды, равен $0'' \cdot 348$, в то время как радиус орбиты звезды, видимый с земли, равен $15'' \cdot 5$; следовательно, радиус орбиты звезды по отношению к орбите земли равен от $15'' \cdot 5$ до $0'' \cdot 348$, или почти как 45 к 1. Таким образом, орбита, описываемая двумя звездами 61 Лебеда друг относительно друга, значительно превышает ту, которую Нептун описывает

относительно солнца. Поскольку заданы среднее расстояние до звезд и периодичность их обращения, сумма масс двух звезд вычисляется равной 0.3529, а солнца - 1. Таким образом, наше солнце не намного больше и не намного меньше звезд, составляющих 61 Лебеда, который является маленькой, незаметной невооруженным глазом звездой, не превышающей 6-й звездной величины.

Из всех двойных звезд α Центавра самая красивая: это самая яркая звезда в южном полушарии, равная по блеску Арктуру, если не превосходящая его. Расстояние между двумя звездами уменьшалось со скоростью полсекунды ежегодно с 1822 года, в то время как угловое движение претерпело очень незначительные изменения, что показывает, что плоскость орбиты проходит через землю подобно орбитам 44 Бозтов и π Серпентариев; то есть края орбиты в этих трех звездных системах обращены к земле, так что кажется, что вращающаяся звезда движется по прямой линии и колеблется по обе стороны от своей звезды. Если бы эта либрация была вызвана параллаксом, она была бы ежегодной из-за обращения земли вокруг Солнца; но по прошествии лет, прежде чем она достигнет ощутимой величины, она может возникнуть только из-за реального орбитального движения, наблюдаемого наклонно. В этом случае для определения орбиты достаточно пяти наблюдений, при условии, что они будут точными; но величины, подлежащие измерению, настолько малы, что точность может быть достигнута только с помощью очень длинной серии наблюдений. В 1834 году капитан Яков определяется периодичностью вращающейся звезды α Центавра будет 77 лет, и расстояние между ними должны быть $17'' \cdot 5$; и поскольку это сокращение полсекунды годовых, расстояние или радиус вектор вращающаяся звезда была $12'' \cdot 5$ в 1822 году; а так как Мистер Хендерсон, как он определил параллакс или радиуса земной орбиты как следует из звездочный отель $\cdot 913$, из этого следует, что реальная полуось вращающаяся звезда на орбите $13\frac{1}{2}$ раза больше, чем полуоси земной орбиты как минимум. Следовательно, реальные размеры эллипса не могут быть столь малыми, как орбита Сатурна, и, возможно, превышают размеры Урана. Весьма вероятно, что в 1867 году произойдет затмение одного из солнц другим или очень близкое сближение двух звезд.

В движениях 70 змееносцев, которые были открыты как двойная система сэром Уильямом Гершелем в 1779 году и которые с тех пор почти совершили переворот, появились особые аномалии. Были рассчитаны различные орбиты: те, которые наилучшим образом отражают углы положения, не соответствуют расстояниям звезд друг от друга, и *наоборот*. Но очень примечательным фактом является то, что ошибки носят периодический характер и в течение значительных периодов времени проявляются попеременно то в избытке, то в дефекте. Капитан У. С. Джейкоб, который определил периодическое время обращения звезды равным 93 годам, объясняет эту аномалию возмущающим действием непрозрачного тела, вращающегося вокруг меньшей звезды. Предположив, что это так, и произведя вычисления, он обнаружил, что ошибки были значительно уменьшены как по углу положения, так и по расстоянию. Это предмет величайшего интереса, и он вполне достоин внимания тех астрономов, которые располагают средствами для проведения необходимых наблюдений. Среди тройных систем, таких как ζ Рак, две звезды обращаются друг вокруг друга за 58,9 лет; но движение третьей, самой удаленной, настолько медленное, что с момента открытия системы она совершила лишь десятую часть своего обращения вокруг двух других.

Из расчетов мистера Данлопа следует, что ς Эридани совершает революцию немногим более чем за 30 лет. Движение Меркурия более быстрое, чем у любой другой планеты, и составляет

107 000 миль в час. Перигелийная скорость кометы 1680 года составляла 880 000 миль в час; но, если две звезды Эрида, или Большой Медведицы, так же удалены друг от друга, как ближайшая неподвижная звезда от Солнца, скорость вращающейся звезды должна превышать способность воображения, чтобы это представить. Эллиптическое движение двойных звезд показывает, что гравитация не ограничивается движением планет, но что системы солнц в очень отдаленных областях Вселенной также подчиняются ее законам. Звездные системы представляют собой своего рода звездный хронометр, с помощью которого хронология небес будет отмечена на будущие века отдельными эпохами, не подверженными колебаниям из-за таких возмущений, которые имеют место в нашей системе. Некоторые звезды, по-видимому, двойные, хотя и совершенно не связанные между собой, поскольку одна находится далеко позади другой в пространстве, как α Лира, которая, по-видимому, состоит из двух звезд, одной первой, другой одиннадцатой величины. Альдебаран, α Аквилы и Поллукс являются замечательными примерами этих оптически двойных звезд. Было показано, насколько благоприятно это обстоятельство для установления параллакса ближайшего из двух. (N. 232.)

Двойные звезды имеют различные оттенки: иногда обе звезды одного цвета, как у α Центавра и 61 Лебеда, где более крупные звезды ярко-оранжевого цвета, а меньшие - более глубокого того же оттенка, но чаще всего они демонстрируют контрастные цвета. Большая звезда обычно желтая, оранжевая или красная, а маленькая - синяя, фиолетовая или зеленая. Иногда белая звезда сочетается с синей или фиолетовой, реже объединяются красная и белая. Во многих случаях эти явления возникают из-за влияния контраста на наше восприятие цветов. Например, при наблюдении двойной звезды, где большая имеет насыщенный рубиново-красный или почти кровавый цвет, а маленькая - светло-зеленый, последняя теряет свой цвет, когда первая скрыта перекрещивающимися проводами телескопа. Так обстоит дело с γ Андромеды, которая является тройной звездой, причем маленькая, которая кажется зеленой, является почти двойной. Рак - это пример большой желтой звезды и маленькой, которая по контрасту кажется синей. Тем не менее, существует огромное количество планет, где цвета решительно различаются и наводят на любопытную идею о двух солнцах, красном и зеленом, или желтом и синем, так что планета, обращающаяся вокруг одного из них, может иметь разнообразие красного дня и зеленого дня, желтого дня и синего дня. Сэр Джон Гершель в одной из своих статей в *Philosophical Transactions* отмечает как весьма примечательный факт, что, хотя красные звезды встречаются достаточно часто, до сих пор не было получено ни одного примера одинокой синей, зеленой или фиолетовой звезды.

Сириус - единственная известная звезда, цвет которой изменился. Во времена Птолемея он был красным; сейчас это одна из самых белых звезд на небе.

М. Струве обнаружил, что из 596 ярких двойных звезд 375 пар имеют одинаковую интенсивность света и цвет; 101 пара имеет разную интенсивность, но один и тот же цвет; и 120 пар имеют цвета двух звезд, решительно отличающиеся.

Определенные лучи, присутствующие в солнечном свете, отсутствуют в спектрах всех цветных звезд и, вероятно, никогда не существовали в свете этих звезд, поскольку нет оснований полагать, что они поглощаются атмосферой звезд, хотя они могут поглощаться земной атмосферой. В белом свете Сириуса, Проциона и других нет дефектных лучей; но сэр Дэвид Брюстер обнаружил в спектре оранжевого света ζ Геркулеса дефектную полосу в красном пространстве и две или более в синем; следовательно, оранжевый цвет звезды обусловлен

недостатком синих лучей; ибо пламя, в котором отсутствуют определенные лучи, принимает цвет преобладающих лучей. Если бы черные лучи в солнечном спектре были вызваны поглощением атмосферы Солнца, то свет от края его диска, проходя через большую его толщу, проявлял бы более глубокие линии, чем те, которые исходят из его центра; но, поскольку разницы не заметно, можно сделать вывод, что аналогичные полосы в свете цветных звезд обусловлены не поглощением их атмосфер, а тем, что они возникают в результате различных видов горения, при помощи которых освещаются эти тела.

Все обычные методы не позволяют найти параллакс, когда расстояния между звездами очень велики. Угол даже в одну или две секунды, наблюдаемый в фокусе наших самых больших телескопов, не равен толщине нити паука, что делает невозможным измерение таких ничтожных величин с какой-либо степенью точности. Однако в некоторых случаях двойные системы звезд предоставляют метод оценки угла даже в десятую долю секунды, который в тридцать раз точнее, чем при использовании любых других средств. Из них в конечном счете будут известны фактические расстояния до некоторых из наиболее удаленных звезд.

Предположим, что одна звезда вращается вокруг другой по орбите, которая при взгляде с земли настолько наклонна, что в горизонтальном положении выглядит как эллипс, тогда ясно, что одна половина орбиты будет ближе к нам, чем другая. Теперь, из-за времени, которое требуется свету для прохождения, мы всегда видим звезду-спутник в том месте, которое она уже покинула. Следовательно, когда эта звезда выходит из ближайшей к нам точки своей орбиты, ее свету потребуется все больше и больше времени, чтобы дойти до нас по мере того, как звезда движется к самой удаленной точке своей орбиты. По этой причине нам покажется, что звезде требуется больше времени для прохождения этой половины своей орбиты, чем на самом деле. С другой стороны, происходит прямо противоположное; свету потребуется все меньше и меньше времени, чтобы достичь земли по мере приближения звезды к нам; и поэтому будет казаться, что он проходит эту половину своей орбиты за меньшее время, чем это происходит на самом деле. Это обстоятельство дает возможность определить абсолютную ширину орбиты в милях и, исходя из этого, истинное расстояние звезды от земли. Ибо, поскольку наибольшее и наименьшее расстояния звезды-спутника от земли различаются шириной ее орбиты, время, необходимое звезде для перемещения из ближайшей точки своей орбиты в самую удаленную, больше, чем должно быть, на все время, необходимое ее свету для пересечения орбиты, а период прохождения другой половины ровно на столько же меньше. Следовательно, разница между наблюдаемыми временами этих двух полуоборотов звезды равна удвоенному времени, затрачиваемому ее светом на пересечение своей орбиты; и, поскольку мы знаем скорость света, диаметр орбиты может быть найден в милях, а исходя из этого, и все ее размеры; ибо положение орбиты по отношению к нам известно из наблюдений, так же как место, наклон и видимая величина ее большой оси, или, что то же самое, угол, под которым она видна с земли. Поскольку, таким образом, в этом большом треугольнике известны три вещи, а именно, основание или большая ось орбиты в милях, угол, противоположный ей у земли, и угол, который она составляет с визуальным лучом, расстояние звезды-спутника от земли может быть найдено путем самых простых вычислений. Заслугой первого предложения этого очень остроумного метода определения расстояния до звезд является М. Савари; но, к сожалению, он не имеет общего применения, поскольку зависит от положения орбиты, и должно пройти много времени, прежде чем наблюдения смогут предоставить данные, поскольку самый короткий период обращения любой известной нам звезды составляет 30 лет. Тем не менее, расстояния до огромного числа звезд в конечном счете могут быть определены таким образом; и, поскольку

одно важное открытие почти всегда приводит к другому, их массы, таким образом, могут быть сопоставлены с массами земли или солнца.

Единственными данными, используемыми для определения массы Земли по сравнению с массой Солнца, являются угловое движение нашего земного шара вокруг Солнца за секунду времени и расстояние Земли от солнца в милях (N. 233). Теперь, благодаря наблюдениям за двойными системами, мы знаем угловую скорость малой звезды вокруг большой; и, когда мы знаем расстояние между двумя звездами в милях, будет легко вычислить, сколько миль пролетит маленькая звезда под действием притяжения большой за секунду времени. Сравнение этого пространства с пространством, через которое земля опустилась бы к солнцу за секунду, даст отношение массы большой звезды к массе солнца или земли. Согласно М. Бесселю, масса двух звезд 61 Лебеда равна половине массы Солнца. Как мало мы знаем об абсолютной величине неподвижных звезд, количество света, излучаемого многими из них, показывает, что они должны быть намного больше солнца. Доктор Волластон определил приблизительное отношение света восковой свечи к свету солнца, луны и звезд, сравнивая их соответствующие изображения, отраженные от маленьких стеклянных шариков, наполненных ртутью, на основании чего было проведено сравнение количества света, излучаемого самими небесными телами. С помощью этого метода он обнаружил, что свет α Лиры в пять с половиной раз больше, чем свет солнца. Сэр Джон Гершель *полностью* отразил лунный свет призмой, который, будучи сконцентрирован линзой, был непосредственно сопоставлен со светом от α Центавра. Приняв во внимание количество лунного света, теряемого при прохождении через линзу и призму, он обнаружил, что среднее количество света, посылаемого на землю полной луной, превышает количество света, посылаемого α Центавра, в пропорции 27 408 к 1. Итак, доктор Волластон обнаружил, что соотношение солнечного света к свету полной луны составляет 801 072 к 1. Следовательно, свет, посылаемый нам солнцем, равен свету, посылаемому α Центавра, примерно в соотношении двадцати двух тысяч миллионов к одному. Но, поскольку параллакс α Центавра равен $1''$, оно действительно в два с половиной раза ярче солнца. Свет Сириуса в четыре раза больше, чем у α Центавра, но его параллакс составляет всего $0'' \cdot 230$: следовательно, его внутреннее великолепие в $63 \cdot 02$ раза больше, чем у нашего светила. Следовательно, она оценивается в сто раз больше; так что, будь Сириус на месте земли, его поверхность простиралась бы в 150 раз дальше орбиты Луны. Свет Сириуса, согласно наблюдениям сэра Джона Гершеля, в 324 раза больше, чем у звезды шестой величины; если мы предположим, что они действительно одного размера, их расстояния от нас должны быть в соотношении $57 \cdot 3$ к 1, потому что свет уменьшается по мере увеличения квадрата расстояния до светящегося тела.

Так много звезд имеют собственное движение, совершенно независимое от годового вращения Земли по своей орбите, что можно усомниться в существовании такой вещи, как неподвижная звезда. Грумбридж - самый быстрый из известных: его собственное движение составляет $7''$ дуги в год; α Центавра движется со скоростью $3'' \cdot 58$ в год, а 61 Лебедь описывает линию в пространстве $5'' \cdot 12$ за то же время. Эти движения, вероятно, являются криволинейными, но на расстоянии от земли они будут казаться прямолинейными еще долгие века. Движение длиной чуть более пяти секунд, которое 61 Лебедь описывает ежегодно, кажется нам чрезвычайно малым; но на расстоянии от этой звезды угол в одну секунду соответствует двадцати четырем миллионам миллионов миль; следовательно, годовое движение 61 Лебеда составляет 120 миллионов миллионов миль, и все же, как замечает М. Араго, мы называем его неподвижной звездой. По той же причине очевидно, что скопление звезд в Млечном Пути может быть только

кажущимся и что звезды могут находиться на огромных расстояниях друг от друга, и, несомненно, так оно и есть.

Если бы солнечную систему и все видимые нами звезды несло вперед в пространстве общим для всех движением, подобно кораблям, дрейфующим по течению, для нас, движущихся вместе с остальными, было бы невозможно определить их направление. Сэр Уильям Гершель понял, что большая часть движений звезд является только кажущейся и возникает в результате реального движения солнца в противоположном направлении. Среди множества несоответствий он обнаружил, что звезды в северном полушарии имеют общую тенденцию двигаться к точке, диаметрально противоположной λ Геркулеса, что он приписал движению солнечной системы в противоположном направлении. Ибо для него было очевидно, что звезды, исходя только из эффекта перспективы, будут, по-видимому, расходиться в направлении, в котором движется солнечная система, и будут сходиться в направлении пространства, которое она покинула, и что в этих видимых движениях будет наблюдаться закономерность, которая впоследствии будет обнаружена. Со времен сэра Уильяма Гершеля собственные движения звезд были определены с гораздо большей точностью, и многие из них были добавлены в список путем сравнения древних и современных таблиц их расположения; его взгляды были подтверждены четырьмя величайшими астрономами того времени, М. Лундалесом, Аргеландером, Отто Струве и Питерсом, которые ясно доказали, что движение солнца зависит от движения звезд в северном полушарии, и м-р Гэллоуэй пришел к тому же выводу на основании движений звезд в южном полушарии (N. 234). В результате солнце в сопровождении всех сопутствующих ему планет движется со скоростью 422 424 мили — или на пространстве, почти равном его собственному диаметру, — в течение суток, и это движение направлено к точке на линии, соединяющей две звезды μ и π Геркулеса, на четверти видимого расстояния от этих двух звезд, считая от π Геркулеса. Это исследование не было основано на каком-либо предполагаемом или наблюдаемом законе, таком как обращение всех звезд нашего небесного свода вокруг общего центра, хотя философы высказывали предположения относительно вероятности такого движения солнца и звезд в плоскости Млечного Пути. Если бы солнце и его звездные спутники двигались по почти круговой орбите, центр движения находился бы в плоскости, проходящей через солнце перпендикулярно направлению его движения. Созвездия, через которые должен был пройти этот большой круг, - Рыбы, Австралия, Пегас, Андромеда, Персей и т.д. М. Аргеландер придерживается мнения, что орбита солнца находится почти в плоскости Млечного Пути и, следовательно, что его центр, вероятно, должен находиться в Персее, в то время как М. Мэдлер помещает его в Плеядах, что кажется неприемлемым; но данные в настоящее время слишком неопределенны, чтобы допустить какой-либо абсолютный вывод относительно орбиты Солнца и общего движения звездного свода: ибо, хотя звезды в каждом поскольку области неба стремятся к точке в созвездии Геркулеса, пока неизвестно, являются ли их движения равномерными или переменными, меняется ли движение солнца постепенно и образуют ли звезды разные независимые системы, каждая из которых имеет свой собственный центр притяжения, или все они подчиняются одной мощной управляющей силе, которая пронизывает всю вселенную. Точные наблюдения за расположением избранного числа звезд всех измерений в Млечном Пути, продолжавшиеся в течение ряда лет, несомненно, решат этот вопрос.

Собственное движение звезды в сочетании с нарастающей скоростью света изменяет видимое периодическое время вращения звезды двойной системы. Если орбита двойной звезды находится под прямым углом к видимому лучу, а солнце и звезда находятся в состоянии покоя,

периодическое время обращения звезды, скажем, 10 000 дней, всегда будет одним и тем же. Но если бы центр тяжести звезды удалялся по прямой линии от солнца со скоростью в одну десятую радиуса земной орбиты за сутки, то по истечении 10 000 дней он был бы удален от нас на 1000 таких радиусов — космическому светилу потребовалось бы 57 дней, чтобы пройти его: следовательно, хотя периодическое время звезды действительно было бы таким же, завершение ее периода было бы известно нам только через 57 дней после того, как оно произошло, так что периодическое время показалось бы нам равным 10 057 дням вместо 10 000. Если бы звезда приблизилась к Солнцу на ту же величину, вместо того чтобы удаляться, видимое периодическое время сократилось бы на 57 дней.

Как солнце является лишь единицей в звездной системе, так и Млечный Путь и все звезды, украшающие небосвод обоих полушарий, составляют группу, которая является всего лишь единицей среди бесконечного числа звездных скоплений и туманностей, в изобилии разбросанных по Вселенной.

С помощью хорошего телескопа на чистом небесном своде, между звездами нашей собственной звездной системы и далеко в глубинах космоса можно увидеть огромное множество объектов, подобных кометам или облакам белого пара всех форм и размеров. Некоторые из них смешаны со звездами, другие полностью сформированы из них. Многие выглядят так, как если бы они были звездными, но для их разрешения требуется телескоп более высокой мощности, и огромное количество, по-видимому, представляет собой материю, разреженную в максимально возможной степени, не дающую никаких указаний на звездную природу; и они находятся в любом состоянии уплотнения, от расплывчатой пленки, которую едва можно различить, до такой, что фактически достигают твердого звездного ядра. Видимость облаков - это просто смещение лучей бесчисленных звезд, которые сами по себе невидимы с предельного расстояния, подобно частям Млечного Пути. Сэр Уильям Гершель поначалу придерживался такого мнения, и туманности, обнаруженные телескопом лорда Росса, навели астрономов на мысль, что это так. Однако хвосты комет, зодиакальный свет и обширные светящиеся атмосферы, окружающие многие звезды, показывают, что, по всей вероятности, самосветящаяся фосфоресцирующая материальная субстанция в сильно разреженной или газообразной форме существует в огромном изобилии.

Количество туманностей, как и звезд, ограничено несовершенством наших инструментов, поскольку каждое усовершенствование телескопа позволяет нам проникать лишь немного дальше в бесконечность космоса — увидеть еще несколько таких призрачных существ на далеком расстоянии и рассмотреть еще несколько из тех, что находятся сравнительно близко. Сэр Уильям Гершель исследовал природу и определил положение 2500 туманностей в северном полушарии, расположение которых было вычислено на основе его наблюдений, приведено к общей эпохе и составлено в каталог в порядке прямого восхождения его сестрой, мисс Кэролайн Гершель, которая добавила блеска имени, которое она носила, благодаря своим выдающимся астрономическим знаниям и открытиям. Сэр Джон Гершель пересмотрел наблюдения своего отца и добавил в каталог 800 туманностей, прежде чем отправиться на мыс Доброй Надежды, чтобы завершить обзор небес. По возвращении он опубликовал каталог 2049 туманностей южного полушария, из которых 500 были ранее неизвестны, с указанием их положения на небе. В работе, не имеющей себе равных по элегантности стиля, глубине знаний и оригинальности взглядов, он сделал гравюры со своих рисунков самых замечательных

объектов, так что любые изменения, которые могут произойти в их форме, месте или сгущении, будут известны астрономам будущих эпох.

Несмотря на бесконечное разнообразие, туманности делятся на два различных класса; один состоит из пятен огромных размеров, причудливо неправильной формы, принимающих все фантастические формы облаков, то ярких, то неясных; иногда похожих на пар, летящий по ветру; иногда простирающийся длинными рукавами в космос. Многие из них представляют собой нечетко очерченную поверхность, на которой трудно сказать, где находится центр наибольшей яркости. Большие участки можно разделить на звезды; многие имеют гранулированный вид, как если бы они были разрешимы; а другие, вероятно, таковыми не являются просто из-за малости и близости звезд и, возможно, из-за их удаленности, что указывает на сложную и неправильную форму, которую представлял бы Млечный Путь, если смотреть на него издалека. Удивительная туманность такого рода видна невооруженным глазом в созвездии Ориона; она имеет огромные размеры, простираясь ветвями даже в южное полушарие; и, хотя телескоп лорда Росса разрешил многое, что до сих пор не удавалось другим, есть части, которые все еще сохраняют свой туманный вид из-за крайней удаленности, представляя собой своего рода пятнистый аспект, подобный стаям или клочьям шерсти, или небосводу макрели. Не может быть никаких сомнений в том, что это непостижимое скопление звезд, которое, есть основания полагать, в некоторых местах изменило свою форму за последние пятьдесят лет. Огромное множество туманностей такого рода настолько слабы, что их вообще трудно различить, пока они не окажутся в течение некоторого времени в поле зрения телескопа или только собираются покинуть его. Иногда они настолько расплывчаты, что глаз ощущает присутствие чего—либо, не будучи в состоянии определить, что это такое; но неизменность его положения убеждает разум, что это реальный объект - “изображение было перед моими глазами, но я не мог различить его форму”.

Ни один рисунок не может дать представления о границах таких туманностей, как туманность Ориона; даже в телескоп лорда Росса края либо переходят в светящийся туман, который становится все более редким, пока не станет незаметным, либо заканчиваются тканью из бледных хлопьев, или нитями, которые становятся все более тонкими и рассеянными, пока не перестанут быть видимыми, показывая, что настоящие границы не были замечены.

Другой класс туманностей, значительно меньших по размеру, определенных форм и большого разнообразия характеристик, рассеян по отдаленным небесам или собран в обширной туманной области, удаленной от Млечного Пути. Многие цепляются за звезды, как клочья облаков, другие в точности похожи на кометы с кометами и хвостами; но наиболее определенные формы - кольцевые и линзовидные туманности, туманные звезды, планетарные и эллиптические туманности и звездные скопления. Однако в северном полушарии есть два отличных от всех этих объекта, которые сэр Джон Гершель описал как удивительные. Один из видов *Vulpecula* похож на песочные часы или гантель из яркой материи, окруженную тонкой дымчатой атмосферой, придающей всему в целом овальную форму или вид сплюснутого сфероида; при более высокой оптической мощности его форма почти такая же, но более яркая часть превращается в звезды, а мутная часть, хотя и остается туманной, приобретает тот пестрый вид, который показывает, что целое представляет собой звездную систему с наиболее своеобразной структурой: это явление, не имеющее сходства ни с одним известным объектом. (Рис. 3, [табличка 8](#) и рис. 3, [табличка 9](#)). Другой действительно самый замечательный, и его история показывает постепенное увеличение проникающей способности телескопов в космос.

Мессье это казалось просто двойной туманностью со звездами; в телескоп сэра Уильяма Гершеля это выглядело как яркая круглая туманность, окруженная на небольшом расстоянии ореолом или сиянием и сопровождаемая спутником; в то время как в 20-футовом отражателе сэра Джона Гершеля казалось, что она “состоит из яркого круглого ядра, окруженного на расстоянии кольцом туманности, разделенным по половине своей окружности, и разделенные части разделены под углом 45 градусов каждая к плоскости другой”. (Рис. 1, [табличка 10](#).) Сэру Джону показалось, что эта туманность “имеет сильное сходство с Млечным Путем, наводя на мысль о братской системе, имеющей реальное физическое сходство и сильную аналогию структуры с нашей собственной”.

Этот объект, который раскрыл лорду Россу удивительное явление спиральных туманностей, наблюдаемых в его телескоп, имеет вид, изображенный на рис. 1 на [фото 10](#), на котором частичное разделение края кольца на две ветви сразу распознается по ярким изгибам спирали. Удаленная туманность соединена узкой изогнутой полосой света с кольцом; все это либо разделено на звезды, либо, очевидно, может быть с еще большей оптической силой. Относительно рассматриваемой чудесной туманности Лорд Росс замечает, что “с каждым увеличением оптической мощности структура становилась все более сложной и все более непохожей на что-либо, что могло бы возникнуть в результате какой-либо формы динамического закона, аналог которого мы находим в нашей системе. Связь спутника с этой огромной туманностью, в которой нет ни малейшего сомнения, усугубляет трудность формирования какой-либо гипотезы. Невозможно, чтобы такая система могла существовать без внутреннего движения, к которому может быть добавлена сопротивляющаяся среда; но это нельзя рассматривать как случай простого статического равновесия”. Это ни в коем случае не единственный пример спиральной туманности; лорд Росс обнаружил несколько других: некоторые из них легко увидеть, другие требуют высочайшей мощности его телескопа. Судя по многочисленным ответвлениям, которые отходят от Млечного Пути и простираются далеко в космос, он, возможно, также имеет спиральную форму.

В северном полушарии насчитывается семь кольцевых туманностей, поскольку лорд Росс обнаружил, что пять планетарных туманностей принадлежат к этому классу. Один из лучших примеров кольцевой туманности можно увидеть на полпути между β и γ Лирами (рис. 2, [фото 9](#)). По словам сэра Джона Гершеля, он имеет эллиптическую форму в соотношении 4 к 5 и резко очерчен — внутреннее отверстие занимает примерно половину диаметра. Это отверстие не совсем темное, но наполнено слабым туманным светом, похожим на тонкую марлю, натянутую на обруч. Его диаметр, если он находится от нас на расстоянии 61 Лебеда, должен быть в 1300 раз больше диаметра земной орбиты — размеры, которые наиболее поразительны. Телескоп Лорда Росса превращает этот объект в звезды чрезвычайно малой величины, с нитями звезд, прилипающими к его краям, и довольно яркой звездой внутри. Эти кольца похожи на полые оболочки, границы которых кажутся ярче, потому что туманное вещество, каким бы оно ни было, на вид более уплотнено, чем центральная часть. Другая кольцевая туманность в северном полушарии, описанная сэром Джоном Гершелем, представляет собой небольшой тусклый объект, который легче разделить на звезды. Одна из кольцевых туманностей, замеченных Лордом Россом, окружена слабым внешним плоским кольцом; у другой есть ansa, как будто кольцевое туманное кольцо охватывало ее и было уменьшено в ракурсе. Две кольцевые туманности имеют отверстия, как если бы черное небо было видно через отверстия во внутренней дымке, поскольку центральное отверстие ни в коем случае не бывает полностью темным.

Некоторые туманности похожи на очень эллиптические кольцевые системы, если смотреть наклонно. Если они представляют собой эллиптические плоские кольца, темный центр может быть настоящим отверстием; но если системы представляют собой серию очень длинных эллиптических концентрических оболочек, окружающих углубление, темная ось может быть просто линией сравнительной темноты.

Упоминается как очень примечательная связь эллиптических туманностей с двойными звездами. В одной эллиптической туманности, более длинная ось которой равна 50", есть две отдельные двойные звезды, каждая 10-й звездной величины, симметрично расположенные скорее ближе к вершине эллипса, чем к фокусам; в другой звезды неодинаковые, но расположены точно на концах большой оси, как на [фото 8](#): помимо них есть несколько других примеров.

Двойные туманности нередки в обоих полушариях, демонстрируя все разнообразие расстояний, положений и относительной яркости, как и их аналоги - двойные звезды. Редкость одиночных туманностей, таких больших, тусклых и так же мало уплотненных в центре, как эти, делает крайне маловероятным, чтобы два таких тела случайно оказались так близко, что соприкасались, а часто и частично перекрывали друг друга, как это происходит у этих. Гораздо более вероятно, что они представляют собой системы; и, если это так, то это станет интересным объектом будущих исследований - выяснить, обладают ли они орбитальным движением.

Туманные звезды - красивые объекты, совершенно отличные от всех предыдущих. Они круглые или овальные, плотность которых увеличивается к центру. Иногда центральная материя настолько ярко и резко уплотнена и очерчена, что туманность можно принять за яркую звезду, окруженную тонкой атмосферой. Одна из них - звезда 8-й величины, расположенная точно в центре круглой яркой атмосферы диаметром 25"; звезда вполне звездная, а не ядерная: она не имеет ни малейшего представления о том, что ее можно разглядеть. Другая туманная звезда - это Орион, который имеет обширную атмосферу, в которой находится темная полость, не симметричная звезде, и маленькая двойная звезда с аналогичным отверстием на краю атмосферы. Лорд Росс отмечает, что эти отверстия, по-видимому, имеют ту же природу, что и отверстия внутри ярких звезд в трапеции Ориона, причем звезды находятся на ее краю; и он убежден, что звезды не только связаны с туманностью, но и равноудалены от нее; следовательно, если можно найти их параллакс, то будет определено расстояние до этой туманности. Зодиакальный свет или линзовидная светящаяся дымка, окружающая солнце, которую можно увидеть выходящей за пределы орбит Меркурия и Венеры вскоре после захода солнца в апреле и мае или перед рассветом в ноябре и декабре, по-видимому, относит наше светило к классу туманных звезд. Обширная и тонкая атмосфера этих туманных звезд имеет все степени эллиптичности, от круглого до веретенообразного луча или почти прямой линии.

Планетарные туманности имеют в точности вид планет с круглыми или овальными дисками, иногда резко очерченными, иногда туманными и нечетко очерченными. Их поверхность, голубая или голубовато-белая, ровная или слегка испещренная пятнами, и их свет иногда соперничает по яркости с планетами. Обычно их сопровождают мельчайшие звезды, которые наводят на мысль о сопутствующих спутниках. Эти туманности имеют огромные размеры. Один из близких к γ Аквариумов имеет ощутимый диаметр около двадцати секунд, а другой имеет диаметр двенадцать. Сэр Джон Гершель вычислил, что, если эти объекты находятся так же далеко от нас, как звезды, их реальная величина, по самой низкой оценке, должна быть такой,

чтобы заполнить орбиту Урана. Он приходит к выводу, что, если это твердые тела солнечной природы, их внутреннее величие должно быть намного ниже солнечного, потому что круглая часть солнечного диска, уменьшающаяся на угол в двадцать секунд, давала бы свет, равный свету ста полных лун; в то время как, напротив, рассматриваемые объекты едва ли видны невооруженным глазом, если вообще видны. Исходя из однородности дисков этих планетарных туманностей и очевидного отсутствия в них конденсата, он предполагает, что они могут быть полыми оболочками, излучающими свет только со своей поверхности. Южное полушарие очень богато ими, где было обнаружено двадцать восемь или двадцать девять, некоторые из них находятся посреди звездного скопления, с которым они образуют прекрасный контраст. Три из них ярко-синего цвета, один берлинский голубой или зеленовато-зеленый, два других ярко-небесно-голубых, необычайной красоты и изящества. Одна из них, по-видимому, принадлежит к классу двойных туманностей или двойных звездных туманностей предельной удаленности. Поскольку телескоп Лорда Росса показал, что пять планетарных туманностей имеют кольцевую форму, в конечном итоге может оказаться, что некоторые из тех, что находятся в южном полушарии, принадлежат к тому же классу.

Вероятно, по меньшей мере девять десятых туманного содержимого небес состоят из сферических или эллиптических форм, представляющих все разновидности удлинения и центрального уплотнения. Из них большое количество было преобразовано в звезды, и очень многие имеют тот пестрый вид, который делает очевидным, что увеличение оптической мощности привело бы к их разложению. Те, кто сопротивляется, делают это из-за малости и близости звезд, из которых они состоят.

Эллиптические туманности очень распространены; самые тонкие из них можно увидеть вблизи звезды ι в поясе Андромеды. Он виден невооруженным глазом, и его часто принимали за комету. При низкой оптической мощности она имеет веретенообразную форму, показанную на рис. 6, [фото 5](#), яркость которой сначала постепенно, а затем быстро сгущается к центру, так что ее сравнивали со звездой, светящей через рог, но она никогда не казалась разрешимой даже при высокой оптической мощности, пока мистер Бонд не исследовал ее в Кембриджской обсерватории в Соединенных Штатах. Он обнаружил, что ее яркость простирается на $2\frac{1}{2}$ градуса в длину и более чем на градус в ширину, включая две небольшие смежные туманности, так что она имеет овальную форму. Она сильно и быстро конденсируется в ядро на своей северной стороне; и хотя она не была полностью разрешена, было видно, что она усыпана звездной пылью или чрезвычайно мелкими видимыми звездами, что не оставляет сомнений в том, что это звездная система. Наиболее примечательной частью открытия мистера Бонда являются две очень узкие темные линии, которые тянутся вдоль одной стороны овала параллельно его главной оси. Эти черные полосы, которые трудно различить, указывают на слоистую структуру и являются не единственным примером такого расположения туманностей. Рис. 1 на [фото 9](#) взят с рисунка этой туманности, сделанного мистером Бондом.

Множество туманностей кажутся глазу без посторонней помощи или наблюдаются в обычные телескопы как круглые кометы без хвостов; но при наблюдении с помощью мощных инструментов они передают идею шаровидного пространства, изолированного в небесах и полного звезд, составляющего семью или общество, отдельное от остальных, подчиняющееся только своим собственным внутренним законам. Сэр Джон Гершель говорит, что пытаться сосчитать звезды в одном из этих шаровых скоплений было бы напрасной задачей; их нельзя исчислять сотнями. При грубом подсчете оказывается, что многие скопления, подобные этому

описанию, должны содержать десять или двадцать тысяч звезд, спрессованных и вклинившихся друг в друга в круглом пространстве, видимая площадь которого составляет не более десятой части площади, покрываемой Луной; так что его центр, где звезды видны проецируемыми друг на друга, представляет собой одну вспышку света. Если каждая из этих звезд является солнцем и если они разделены промежутками, равными тому, который отделяет наше солнце от ближайшей неподвижной звезды, расстояние, которое делает все скопление едва видимым невооруженным глазом, должно быть настолько велико, что о существовании такого великолепного скопления мы можем узнать только по свету, который, должно быть, покинул его по меньшей мере тысячу лет назад. Эти великолепные шаровидные или сфероидальные скопления звезд расположены так, что внутренние слои более плотные и становятся почти сферическими по мере приближения к центру. Самый великолепный объект такого рода можно увидеть в созвездии Геркулеса ([N. 235](#)).

Из 131 этого великолепного объекта в южном полушарии два в высшей степени великолепны. Шаровое скопление α Центавра, вне всякого сравнения, самое прекрасное в своем роде: оно идеально сферическое и занимает четверть квадратного градуса; звезд в нем буквально неисчислимо, они теснятся и плотно сгруппированы по направлению к центру; и, поскольку невооруженным глазом его свет не ярче, чем у звезды 4-й или 5-й величины, они чрезвычайно малы. В центре него есть темная дыра, через которую перекинут звездный мост — обстоятельство, характерное для этого скопления.

Шаровое скопление Лакайля, или 47 Тукани, полностью изолировано в очень темной части неба недалеко от меньшего из Магеллановых облаков. Звезды 14-й величины, чрезвычайно многочисленные, сжатые и белые, образуют три отчетливых яруса вокруг центра, где они внезапно меняют оттенок и образуют вспышку розового света. Одно скопление состоит из крупных красноватых звезд и маленьких белых; другое, более красивое, состоит из оболочек или покровов звезд 11-й и 15-й звездной величины. Тридцать шаровидных скоплений необычайной красоты собраны в круговом пространстве радиусом не более восемнадцати градусов, которое находится в части неба, занятой созвездиями Австралийская корона, тело и голова Стрельца, хвост Скорпиона, часть Телескопиума и Ара. Млечный Путь проходит диаметрально через рассматриваемую круглую область, что придает необычайную яркость этой части неба. Ибо, помимо этих шаровых скоплений, которые все находятся в звездной части, а не в темных пространствах, есть только две кольцевые туманности, о существовании которых известно в южном полушарии. Ни одна часть небес не изобилует более прекрасными и примечательными объектами сами по себе, и они становятся еще более прекрасными благодаря способу их объединения и особым чертам, которые принимает на себя Млечный Путь, не имеющим аналогов по богатству и великолепию ни в одной другой части неба. Некоторые шаровые скопления настолько удалены, что звезды едва различимы — просто звездная пыль. В южном полушарии имеется двойное шаровое скопление очень малых размеров, разделенное минутным интервалом, — комбинация, которая наводит на мысль о шаровом скоплении, вращающемся вокруг очень сплюснутого сфероидального в плоскости экватора и по круговой орбите, которая видна наклонно, как сама центральная туманность, с

диаметром, несколько превышающим вчетверо последнюю, — несомненно, колоссальная система, но реальность которой вряд ли можно считать невероятной.

По-видимому, существует некоторая связь между эллиптичностью формы и сложностью разрешения, поскольку сферические скопления, как правило, легко разлагаются на составляющие их звезды, в то время как едва ли есть случай, когда эллиптическое скопление дает результат, за исключением очень высокой оптической мощности. Огромные массы туманностей так и не были разрешены. Большой телескоп лорда Росса позволил рассмотреть части туманности Ориона и различные другие, которые не поддавались инструментам меньшей мощности; он позволяет астроному проникать дальше в космос и показывает объекты с большей четкостью, чем любой другой. Но, каким бы превосходным ни был этот инструмент, даже с его помощью невозможно разглядеть тысячи туманностей. Те, кто воображает, что любая работа человека может разрешить всю туманную материю на небесах, должны иметь очень ограниченное представление о масштабах и величии творения.

Бесчисленные туманности в обоих полушариях имеют форму скоплений звезд, но полностью отличаются от шаровых скоплений, поскольку имеют неправильную форму и не подчиняются единому закону уплотнения. Плеяды являются примером в нашей собственной звездной системе; поскольку, хотя невооруженным глазом видны только 7 или 8 звезд, телескопы показывают, что к этой группе принадлежат более 200. В созвездии Рака есть светящееся пятно, называемое Præsepe или Улей, которое при очень низкой мощности разлагается на звезды; а созвездие Комы Береники - еще одна звездная группа. Многие из них изысканной красоты, как, например, круглый Крест, который, хотя и состоит всего из ста десяти звезд, похож на причудливое ювелирное изделие из-за цветов звезд, которые являются зеленовато-белыми, зелеными, голубовато-зелеными и красными. Многие из этих скоплений содержат тысячи звезд и часто находятся в более бедных частях неба, как будто с течением веков звезды притягивались к центру.

Существование всех степеней эллиптичности в туманностях — от длинных линзовидных лучей до точной круглой формы - и всех оттенков центрального уплотнения, от малейшего увеличения плотности до, по-видимому, твердого ядра — может быть объяснено предположением, что общее строение этих туманностей представляет собой сплюснутые сфероидальные массы любой степени плоскостности от сферы до диска и всех разновидностей их плотности и эллиптичности по направлению к центру. Однако было бы ошибочно воображать, что формы этих систем поддерживаются силами, идентичными уже описанным, которые определяют форму вращающейся жидкой массы; потому что, если туманности представляют собой всего лишь скопления отдельных звезд, как в большинстве случаев есть все основания полагать, что так оно и есть, никакое давление не может распространяться через них. Следовательно, поскольку нельзя предположить общего вращения такой системы как одна масса, ее можно рассматривать как неподвижную форму, включающую в своих пределах неопределенное количество звезд, каждая из которых может двигаться по орбите вокруг общего центра целого в силу закона внутреннего тяготения, являющегося результатом совокупного тяготения всех ее частей. Сэр Джон Гершель доказал, что существование такой системы не противоречит закону всемирного тяготения при определенных условиях.

Распределение туманностей по небу еще более неравномерно, чем распределение звезд. В некоторых местах они так сгруппировались, что едва одна из них попадает в поле зрения телескопа,

как появляется другая, в то время как в других местах проходят часы, а ни одной туманности не появляется. Как правило, их можно увидеть только в самые лучшие телескопы, и они наиболее многочисленны в зоне, общее направление которой находится недалеко от часовых кругов 0° и 12° , и которая пересекает Млечный Путь почти под прямым углом. Там, где эта туманная зона проходит над созвездиями Девы, Комы Береники и Большой Медведицы, их можно найти во множестве.

Туманная система почти разделена Млечным Путем на две части. Третью всего видимого туманного содержимого небес образует обширную неправильной формы массу, перемежающуюся свободными промежутками, которая заполняет примерно восьмую часть поверхности северного полушария. Он занимает созвездия Льва, Малого Льва, тело, хвост и задние лапы Большой Медведицы, нос Камелoparda, кончик хвоста Дракона, Венатического пса, Комы Береники, переднюю ногу Бозта, а также голову, крылья и плечо Девы, которое является самой богатой частью. В этом полушарии есть область меньшей туманности, но полностью отделенная от предыдущего, которая занимает грудь и крыло Пегаса, созвездия Рыб и Андромеды. Если бы мы могли представить кольцо или зону Млечного Пути, опоясывающую горизонт или совпадающую с ним, огромная туманная масса образовала бы купол над головой, опускающийся на значительное расстояние со всех сторон, главным образом к северному полюсу; и самая богатая часть, которая находится в созвездии Девы, тогда находилась бы прямо над головой на северном полюсе Млечного Пути, то есть в $12^{\text{часов}}$ $47^{\text{м}}$ по прямой и на расстоянии 64° от северного полюса.

За исключением Магеллановых облаков, распределение туманностей в южном полушарии гораздо более однородно, чем в северном. Они разделены пространствами пустоты большей или меньшей размерности. Одна из этих бесплодных областей простирается почти на пятнадцать градусов по всему южному полюсу и приближается к его границе; меньшее из Магеллановых облаков находится в полной изоляции; в то время как большое Магелланово облако связано с чем-то, приближающимся к зоне соединенных туманных пятен, которая простирается вдоль спины Дорада, через часть Часового пояса и Эридана, часть Свода и через лапы Кита до экватора, где оно соединяется с туманными областями Рыб.

Магеллановы облака образуют два наиболее ярких объекта в южном полушарии; обе эти туманности видны невооруженным глазом и имеют почти ту же интенсивность, что и более яркие участки Млечного Пути; но меньшая полностью скрыта лунным светом, а большая - почти такой же. Они совершенно не связаны с Млечным Путем и друг с другом. Большая нубекула намного превосходит Малую Нубекулу во всех отношениях, хотя они схожи по внутреннему строению. Первый состоит из больших участков и нечетко очерченных участков неразрешимых туманностей и туманностей на всех стадиях разрешения, вплоть до звезд с идеальным разрешением, таких как Млечный Путь; а также из правильных и нерегулярных туманностей, собственно так называемых; шаровых скоплений на всех стадиях разрешения; и групп скоплений, достаточно изолированных и конденсированных, чтобы подпадать под обозначение звездных скоплений. Из них туманность, известная как 30 Дорада Лакайля, слишком примечательна, чтобы ее можно было обойти стороной. Он очень большой, расположен в пределах Большой Нубекулы и состоит из совокупности почти круглых петель, объединяющихся в центре, в котором или рядом с которым находится круглая черная дыра. Короче говоря, по количеству и разнообразию объектов нет ничего лучше этого облака. На площади всего в сорок два квадратных градуса сэра Джон Гершель определил местоположение и зарегистрировал 278

туманностей и скоплений звезд, из которых пятьдесят или шестьдесят находятся в отдаленных частях, непосредственно прилегающих друг к другу. Даже самые многолюдные части слоя Девы, в крыле этого созвездия или в Коме Береники, не предлагают ничего, приближающегося к нему. Из смешения звезд и неразрешенной туманности, которую, вероятно, можно было бы рассмотреть с помощью более высокой оптической мощности, очевидно, что нубекулы следует рассматривать как системы *sui generis*, которым нет ничего аналогичного в нашем полушарии.

Рядом с Магеллановыми облаками большая туманность вокруг η Аргуса является одним из самых замечательных объектов южного неба. Он расположен в той части Млечного Пути, которая лежит между Кентавром и телом Аргуса, посреди одной из тех богатых и сверкающих масс, чередование которых так странно контрастирует с глубоко темными прилегающими пространствами, и окружен одной из самых красивых частей южного неба. Сэр Джон Гершель говорит: “Было бы невозможно с помощью словесного описания дать какое-либо точное представление о причудливых формах и нерегулярных градациях света, на которые влияют различные ответвления и отростки этой туманности. Языку также нелегко передать полное впечатление о красоте и возвышенности открывающегося зрелища, если смотреть на него с высоты птичьего полета, сопровождаемого столь великолепной и бесчисленной процессией звезд, которая образует своего рода кульминацию, оправдывая выражения, которые, хотя я и нахожу их написанными в моем дневнике в волнении момента, были бы сочтены экстравагантными, если бы были перенесены на эти страницы. Фактически, для любого человека, имеющего хоть малейшую искру астрономического энтузиазма, невозможно трезво рассмотреть в мощный телескоп в ясную ночь ту часть южного неба, которая находится между 6—м и 13-м градусами прямого восхождения и от 146° до 149° северного полюса; таково разнообразие и интерес объектов, с которыми он столкнется, и таково ослепительное богатство звездного неба, на котором они представлены его взору.” В этой части неба много прекрасных двойных звезд - богатых звездных скоплений; элегантно скопление разноцветных звезд вокруг Креста; большая планетарная туманность со звездой-спутником; еще одна ярко-голубого цвета, изысканно красивая и уникальная; и, наконец, сама η Аргус, самый необычный пример переменной звезды в истории астрономии.

Во время исследования сэром Джоном Гершелем южного неба часто случалось, что некоторые участки неба отличались более глубокой чернотой, чем другие, и не было видно звезд; часто случалось, что вдали от Млечного Пути, или любой крупной туманности, или звездного скопления, были некоторые признаки очень отдаленных ответвлений Млечного Пути или независимой звездной системы или систем, имеющих сходство с такими ответвлениями. На них указывала чрезвычайно тонкая и равномерная пунктировка неба светлыми точками, слишком маленькими, чтобы можно было постоянно рассматривать какую-либо из них, и слишком многочисленными, чтобы их можно было сосчитать, даже если бы было возможно их рассмотреть. Истинность этого существования была ощутима в момент наблюдения; но убеждение, хотя и часто возобновлявшееся, не было постоянным. Места, где происходили эти явления, приведены для того, чтобы те, кто желает их подтвердить, могли иметь это в своей власти.

Таков краткий отчет об очень немногих открытиях, содержащихся в великом труде сэра Джона Гершеля о туманностях и других явлениях Южного полушария, — труде, оценка которого с течением лет будет возрастать. Несомненно, форма и внутренняя структура многих из этих туманностей будут изменены телескопами более высокой мощности; но поскольку места

основных явлений определены, дату этого великого труда можно рассматривать как эпоху туманного времени, с которой относительные изменения, происходящие в самых отдаленных регионах Вселенной, будут оцениваться на века вперед; и в неподражаемых трудах высокоодаренных отца и сына читатель найдет, что эти темы рассматриваются в стиле, достойном их самих. В последние годы совершенство инструментов и еще большее количество астрономов в зарубежных обсерваториях оказали огромную помощь прогрессу звездной астрономии. Не менее успешно это культивировалось и в наших домашних и колониальных учреждениях: безусловно, одной из самых замечательных особенностей того времени является количество частных обсерваторий, построенных и оснащенных лучшими инструментами частными джентльменами, чье рвение было вознаграждено выдающимися успехами во всех областях науки. (N. 236.)

Так многочисленны объекты, которые встречаются нашему взору на небесах, что мы не можем представить себе точку пространства, где немного света не бросалось бы в глаза; бесчисленные звезды, тысячи двойных и множественных систем, скопления в одном сиянии с десятками тысяч звезд и туманности, поражающие нас странностью своих форм и непостижимостью своей природы, пока, наконец, на пределе наших чувств даже эти тонкие и воздушные призраки не исчезают вдаль. Если бы такие отдаленные тела светились отраженным светом, мы бы не подозревали об их существовании. Тогда каждая звезда должна быть солнцем, и можно предположить, что она имеет свою систему планет, спутников и комет, подобную нашей; и, насколько нам известно, мириады невидимых нами тел могут блуждать в пространстве, о природе которых мы не можем составить никакого представления, и еще меньше о той роли, которую они играют в экономике Вселенной. Даже в нашей собственной системе или на самых дальних ее границах могут вращаться мельчайшие тела, подобные телескопическим планетам, которые настолько малы, что их массы до сих пор были незначительны, и может быть много еще меньших. Это не является необоснованным предположением; многие из них действительно попадают в сферу земного притяжения, воспламеняются от скорости, с которой они проходят через атмосферу, но не оставляют следов. Они, известные как падающие звезды и метеоры, являются периодическими; но это ни в коем случае не относится к аэролитам, которые также воспламеняются от внезапной конденсации воздуха при входе в нашу атмосферу и осаждаются твердыми массами с такой силой на поверхности земли, что часто глубоко зарываются в землю.

Падение метеоритов происходит гораздо чаще, чем принято считать. Едва ли проходит год без того, чтобы не произошли некоторые случаи; и, если учесть, что обитаема лишь небольшая часть земли, можно предположить, что большое количество людей попадает в океан или на необитаемую часть суши, невидимую человеку. Иногда они достигают огромных размеров; объем некоторых из них превышает объем планеты Церера, которая имеет около 70 миль в диаметре. Один из них, прошедший в радиусе 25 миль от нас, по оценкам, весил около 600 000 тонн и двигался со скоростью около 20 миль в секунду; только его фрагмент достиг земли. Наклонность падения метеоритов, особые вещества, из которых они состоят, и взрыв, сопровождающий их падение, показывают, что они чужды нашей системе; но откуда они взялись, до сих пор остается загадкой.

Падающие звезды и метеоры срываются с чистого лазурного неба и, проносясь по небу, гаснут, не оставляя никаких следов, кроме похожего на пар дыма, и, как правило, без шума. Их параллакс показывает, что они находятся очень высоко в атмосфере, иногда даже за ее

предполагаемым пределом, и направление их движения по большей части диаметрально противоположно движению Земли по ее орбите. Поразительное множество падающих звезд и огненных шаров, которые появлялись в определенные периоды в разных частях земного шара, дают основание заключить, что существует либо туманность, либо мириады тел, группами вращающихся вокруг Солнца, которые становятся видимыми только при попадании в нашу атмосферу.

Одна из этих туманностей или групп, по-видимому, встречается с землей во время своего ежегодного обращения 12 и 13 ноября.

Утром 12 ноября 1799 года тысячи падающих звезд вперемешку с крупными метеорами на много часов осветили небеса над всем континентом Америка, от Бразилии до Лабрадора: огонь распространился на Гренландию и даже Германию. Метеоритные дожди были замечены у побережья Испании и в штате Огайо утром 13 ноября 1831 года; и в течение многих часов утром 13 ноября 1832 года огромное количество падающих звезд и метеоритов упало в Мокко на Красном море, в Атлантике, в Швейцарии и во многих местах Англии. Но самый великолепный из известных метеоритных дождей начался в девять часов вечера 12 ноября 1833 года и продолжался до восхода солнца следующего утра. Он простирался от Ниагары и северных озер Америки до юга Ямайки и от 61° долготы в Атлантическом Океане до 100° долготы в центральной Мексике. Падающие звезды и метеоры, кажущиеся размером с Юпитер, Венеру и даже полную луну, мириадами устремлялись к горизонту, как будто все звезды на небесах покинули свои сферы. Они описываются как частые, как хлопья снега во время снежной бури, и их с одинаковой яркостью можно было наблюдать над большей частью континента Северная Америка.

Те, кто был свидетелем этого грандиозного зрелища, были удивлены, увидев, что все без исключения светящиеся тела двигались по линиям, сходящимся в одной точке на небесах: ни одно из них не начиналось с этой точки; но их пути, прослеженные в обратном направлении, сходились в ней подобно лучам в фокусе, и манера их падения показывала, что они спускались оттуда по почти параллельным прямым линиям к земле.

Безусловно, самой необычной частью всего явления является то, что было замечено, что эта лучистая точка оставалась неподвижной вблизи звезды γ Leonis более двух с половиной часов, что доказывало, что источник метеоритного дождя был совершенно независим от вращения Земли, а его параллакс показывал, что он находился намного выше атмосферы.

Поскольку тело на самом деле не могло находиться в состоянии покоя в этом положении, группа или туманность должны были двигаться либо вокруг земли, либо вокруг Солнца. Если бы он двигался вокруг земли, траектория движения метеоров была бы касательной к его поверхности; тогда как они падали почти перпендикулярно, так что земля в своем годовом обращении должна была встретиться с этой группой. Тела или части туманности, которые находились ближе всего, должно быть, притягивались к земле ее гравитацией, и, поскольку, по оценкам, они перемещались со скоростью четырнадцать миль в секунду, они, должно быть, загорелись при входе в нашу атмосферу и сгорели при прохождении через нее.

Поскольку все обстоятельства явления были аналогичны в один и тот же день и в одни и те же часы в 1832 году, и поскольку 13 ноября 1834, 1835 и 1836 годов во многих местах Европы и Америки были замечены необычайные пролеты падающих звезд, также исходящие из

фиксированной точки в созвездии Льва, было высказано предположение, с большой долей вероятности, что эта туманность или группа тел совершает свой оборот вокруг Солнца за период около 182 дней по эллиптической орбите, большая ось которой составляет 119 миллионов миль; и что ее афелий расстояние, на котором он соприкасается с атмосферой Земли, составляет около 95 миллионов миль, или почти столько же, сколько среднее расстояние Земли от Солнца. Это тело, должно быть, столкнулось с возмущениями после 1799 года, которые не позволяли ему столкнуться с землей в течение 32 лет, и оно может снова отклониться от своего пути по той же причине.

В настоящее время точно установлено, что сильные ливни падающих звезд происходят также 12 августа, точкой расхождения которых является β Camelopardali, так что атмосфера Земли соприкасается с зоной этих малых тел дважды в год. Путем систематической серии наблюдений М.М. Бензенберг и Бранд ясно установили, что высоты, на которых появляются и исчезают падающие звезды, варьируются от 16 до 140 миль, а их скорости - от 18 до 36 миль в секунду, скорости настолько большие, что, несомненно, указывают на обращение планеты вокруг Солнца. Поскольку падающие звезды видны почти каждую ночь при ясном небе, сэр Джон Лаббок счел вероятным, что некоторые из этих тел могли пролететь так близко, что притяжение земли преодолело притяжение солнца и заставило их вращаться вокруг него как спутники. Если бы это было так, они могли бы сиять отраженным светом солнца и внезапно перестать быть видимыми, войдя в тень земли. Расщепление падающих звезд подобно ракете и шлейфы света могут быть объяснены предположением, что звезды задевают поверхность тени перед затмением; и исчезновение будет более или менее быстрым в зависимости от ширины пройденной полутени. Расчеты М. Пети, директора обсерватории в Тулузе, не только делают вероятным существование небольших спутников, но и стремятся установить личность тела, совершающего оборот вокруг земли за три часа двадцать минут на расстоянии 5000 миль над ее поверхностью. Очевидно, что в этом случае один и тот же спутник можно было бы видеть очень часто, и очень немногих было бы достаточно, чтобы объяснить их ночное появление. Однако возможно, что некоторые падающие звезды могут принадлежать к одному классу, а некоторые - к другому, поскольку одна группа может вращаться вокруг солнца, а другая - вокруг земли. В случае падающей звезды-спутника геометрия предоставляет средство определения ее точного расстояния от наблюдателя или от центра земли, если время и место ее исчезновения известны относительно соседних звезд. Поскольку падающие звезды поглощаются атмосферой, их массы должны быть небольшими, но возможно, что иногда одна из них может быть достаточно большой, чтобы достичь поверхности Земли в виде аэролита.

РАЗДЕЛ XXXVII.

Распространение вещества в пространстве—Гравитация—Ее скорость—Простота ее законов—Гравитация, независимая от величины и расстояний Тел—Не подверженная вмешательству какого—либо Вещества—Ее интенсивность неизменна—Общие законы-Перепросмотр и заключение.

Известное количество вещества составляет очень малую долю по сравнению с необъятностью пространства. Какими бы большими ни были тела, расстояния, разделяющие их, неизмеримо больше; но, поскольку замысел проявляется в каждой части творения, вполне вероятно, что, если бы различные системы во Вселенной были ближе друг к другу, их взаимные нарушения были бы несовместимы с гармонией и стабильностью целого. Ясно, что пространство не пронизано атмосферным воздухом такой плотности, какой мы дышим, поскольку его сопротивление задолго до этого остановило бы движение планет: это, конечно, не пустота, а наполненная средой, возможно, сама по себе электрической или магнитной, но, во всяком случае, способной передавать свет, тепло, магнетизм, гравитацию и, вероятно, влияния, о которых мы не можем составить никакого представления.

Какими бы ни были законы, действующие в более отдаленных областях мироздания, мы уверены, что только они регулируют движение не только нашей собственной системы, но и двойных систем неподвижных звезд; и, поскольку общие законы составляют конечную цель философского исследования, мы не можем завершить эти замечания, не рассмотрев природу гравитации — той необычайной силы, воздействие которой мы пытались проследить в некоторых из их лабиринтов. Одно время предполагалось, что ускорение среднего движения Луны было вызвано последовательной передачей силы притяжения. Было доказано, что для того, чтобы произвести этот эффект, его скорость должна быть примерно в пятьдесят миллионов раз больше скорости света, который пролетает со скоростью 192 000 миль в секунду. Следовательно, его действие даже на расстоянии от Солнца можно рассматривать как мгновенное; однако, как бы ни были удалены неподвижные звезды, солнечное притяжение должно оказывать некоторое влияние на ближайшие из них, как, например, на α Центавра, который всего в 20 602 раза превышает радиус земной орбиты от солнца, в то время как Ла Плейс вычислил, что солнечное притяжение распространяется в сто миллионов раз дальше, чем полудиаметр земной орбиты. Возможно, звездная пыль в Млечном Пути находится за этим огромным пределом или на грани его; однако очень маловероятно, что солнце или любая из звезд, образующих огромное скопление, к которому мы принадлежим, должны быть несвязанными телами.

Кривые, по которым небесные тела движутся под действием силы тяготения, являются всего лишь линиями второго порядка. Притяжение сфероидов в соответствии с любым другим законом силы, отличным от закона тяготения, было бы гораздо более сложным; и, поскольку легко доказать, что материя могла перемещаться в соответствии с бесконечным разнообразием законов, можно заключить, что Божественная Мудрость, должно быть, выбрала гравитацию из бесконечного множества других, как наиболее простую и придающую наибольшую устойчивость движениям небесных тел.

Станным результатом простоты законов природы, допускающих только наблюдение и сравнение соотношений, является то, что гравитация и теория движения небесных тел не зависят от их абсолютных величин и расстояний. Следовательно, если бы все тела солнечной системы, их взаимные расстояния и скорости пропорционально уменьшались, они описывали бы кривые, во всех отношениях аналогичные тем, по которым они движутся сейчас; и система могла бы последовательно уменьшаться до наименьших ощутимых размеров и по-прежнему иметь тот же внешний вид.

Действию гравитирующей силы не препятствует вмешательство даже самых плотных веществ. Если бы притяжение солнца к центру земли и диаметрально противоположного ему полушария было уменьшено из-за трудности проникновения в промежуточную материю, влияние приливов было бы более очевидным. Его притяжение также одинаково, какими бы ни были вещества небесных тел; ибо, если бы действие солнца на землю отличалось на миллионную долю от его действия на Луну, разница вызвала бы периодическое изменение параллакса Луны, максимум которого составлял бы $\frac{1}{15}$ секунд, а также изменение ее долготы, составляющее несколько секунд — предположение, которое оказалось невозможным из-за согласия теории с наблюдениями. Таким образом, вся материя проницаема для гравитации и в равной степени притягивается ею.

Гравитация - слабая сила, значительно уступающая электрическому воздействию, химическому сродству и сцеплению; и все же, насколько позволяют человеческие знания, интенсивность гравитации никогда не менялась в пределах солнечной системы; и даже аналогия не заставляет нас ожидать, что она должна изменяться: напротив, есть все основания быть уверенными, что великие законы Вселенной неизменны, как и их Автор. Мы также не можем предполагать, что строение земного шара само по себе не подпадает под действие универсальных постановлений общих законов, хотя могут пройти века, прежде чем изменения, которым оно подверглось или которые происходят сейчас, можно будет отнести к существующим причинам с такой же уверенностью, с какой движения планет и все их периодические и вековые изменения можно отнести к закону всемирного тяготения. Следы крайней древности, постоянно встречающиеся геологу, дают ту информацию о происхождении вещей, которую тщетно искали в других частях Вселенной. Они датируют начало времен относительно нашей системы, поскольку есть основания полагать, что образование земли происходило одновременно с образованием остальных планет; но они показывают, что творение - это работа Того, для кого “тысяча лет - как один день, а один день - как тысяча лет”.

В работе, которая теперь подходит к завершению, было необходимо выбрать из всего круга наук несколько наиболее очевидных из тех непосредственных звеньев, которые соединяют их вместе, и пропустить бесчисленные случаи как очевидного, так и скрытого союза. Любая отдельная ветвь, прослеживаемая по своим разветвлениям, заняла бы целый том; тем не менее, хочется надеяться, что приведенного здесь взгляда будет достаточно, чтобы показать, к какой степени в конечном итоге может привести рассмотрение взаимного влияния даже нескольких из этих тем. Таким образом, представляется, что теория динамики, основанная на земных явлениях, необходима для получения знаний о вращении небесных тел и их взаимных влияниях. На движение спутников влияют формы их основных звезд, а формы самих планет зависят от их вращения. Симметрия их внутренней структуры доказывает стабильность этих вращательных движений и неизменность продолжительности дня, которая обеспечивает неизменный стандарт времени; а фактический размер земного сфероида дает возможность установить размеры солнечной системы и обеспечивает неизменную основу для системы мер и весов. Взаимное притяжение небесных тел приводит в движение жидкости на их поверхностях, отсюда теория приливов и отливов и колебаний атмосферы. Плотность и эластичность воздуха, изменяющиеся при каждом изменении температуры, приводят к рассмотрению барометрических изменений, измерению высоты и капиллярного притяжения; а учение о звуке, включая теорию музыки, следует относить к небольшим колебаниям воздушной среды. Знание действия вещества на свет необходимо для отслеживания изогнутого пути его лучей через атмосферу, по которому определяется истинное местоположение удаленных объектов, будь то

на небесах или на земле. Таким образом, мы узнаем природу и свойства солнечного луча, способ его распространения через эфирную среду или внутри материальных тел, а также происхождение цвета. По затмениям спутников Юпитера определяется скорость света; и эта скорость в абберации неподвижных звезд дает прямое доказательство реального движения земли (N. 237). Эффекты невидимых лучей спектра непосредственно связаны с химическим действием; и тепло, составляющее часть солнечного луча, столь необходимую для живого и неодушевленного существования, является слишком важным фактором в экономике творения, чтобы не занимать главного места в связи с физическими науками; отсюда следует его распределение в недрах и по поверхности земного шара, его влияние на геологические потрясения нашей планеты, его влияние на атмосферу и климат, а также его воздействие на растительную и животную жизнь, проявляющееся в местах обитания организованных существ на земле, в окружающей среде. в воде и в воздухе. Корреляция между молекулярным и химическим действием, светом, теплом, электричеством и магнетизмом, постоянно становится все более совершенной, и есть все основания полагать, что эти различные виды силы, а также сама гравитация, в конечном итоге будут объединены в одну великую и универсальную силу. Можно привести еще много примеров, иллюстрирующих непосредственную связь физических наук, большинство из которых еще теснее связаны общими узами анализа, который с каждым днем расширяет свою сферу применения и в конечном итоге охватит в своих формулах почти каждый предмет в природе.

Эти формулы, символизирующие Всеведение, конденсируют в нескольких символах неизменные законы Вселенной. Сам этот могущественный инструмент человеческой власти берет начало в примитивном строении человеческого разума и основывается на нескольких фундаментальных аксиомах, которые вечно существовали в Том, кто вложил их в грудь человека, когда создавал его по Своему образу и подобию.

Примечания.

Примечание 1, [страница 2](#). *Диаметр*. Прямая линия, проходящая через центр и заканчивающаяся в обоих направлениях сторонами или поверхностью фигуры, например круга или сферы. На рис. 1, q Q, Ns, представляют собой диаметры.

Примечание 2, [стр. 2](#). *Математические и механические науки*. Математика учит законам числа и количественности; механика трактует равновесие и движение тел.

Примечание 3, [стр. 2](#). *Анализ* представляет собой серию рассуждений, проводимых с помощью знаков или символов величин, отношения между которыми составляют предмет исследования.

Примечание 4, [стр. 3](#). *Колебания* - это движения взад и вперед, подобные качанию маятника часов или волн в воде. Приливы и отливы - это колебания моря.

Примечание 5, [стр. 3](#). *Гравитация*. *Гравитация* - это взаимное притяжение вещества к веществу; *гравитация* - это разница между силой тяжести и центробежной силой, вызванной

скоростью вращения. Ощутимая гравитация, или вес, является частным случаем гравитации. Это сила, которая заставляет вещества падать на поверхность Земли и которая удерживает небесные тела на их орбитах. Его интенсивность увеличивается по мере уменьшения квадратов расстояния.

Примечание 6, [стр. 4](#). *Частицы материи* - это бесконечно малые или конечные атомы, на которые, как считается, делится материя. Их форма неизвестна, но, хотя они слишком малы, чтобы быть видимыми, они должны иметь величину.

Примечание 7, [стр. 4](#). *Полая сфера*. Полый шар, похожий на снаряд бомбы. Сфера - это шар или твердое тело, такое, что все линии, проведенные от его центра к его поверхности, равны. Они называются радиусами, и каждая линия, проходящая через центр и заканчивающаяся в обоих направлениях поверхностью, представляет собой диаметр, который, следовательно, равен удвоенному радиусу. На рис. 3, Qq или Ns - диаметр, а Cq , Cn - радиусы. Большой круг сферы имеет тот же центр со сферой, что и круги $Q E qd$ и $Qn q S$. Окружность Ab - это меньшая окружность сферы.

Примечание 8, [стр. 4](#). *Концентрические полые сферы*. Оболочки или полые сферы с таким же центром, как у луковицы.

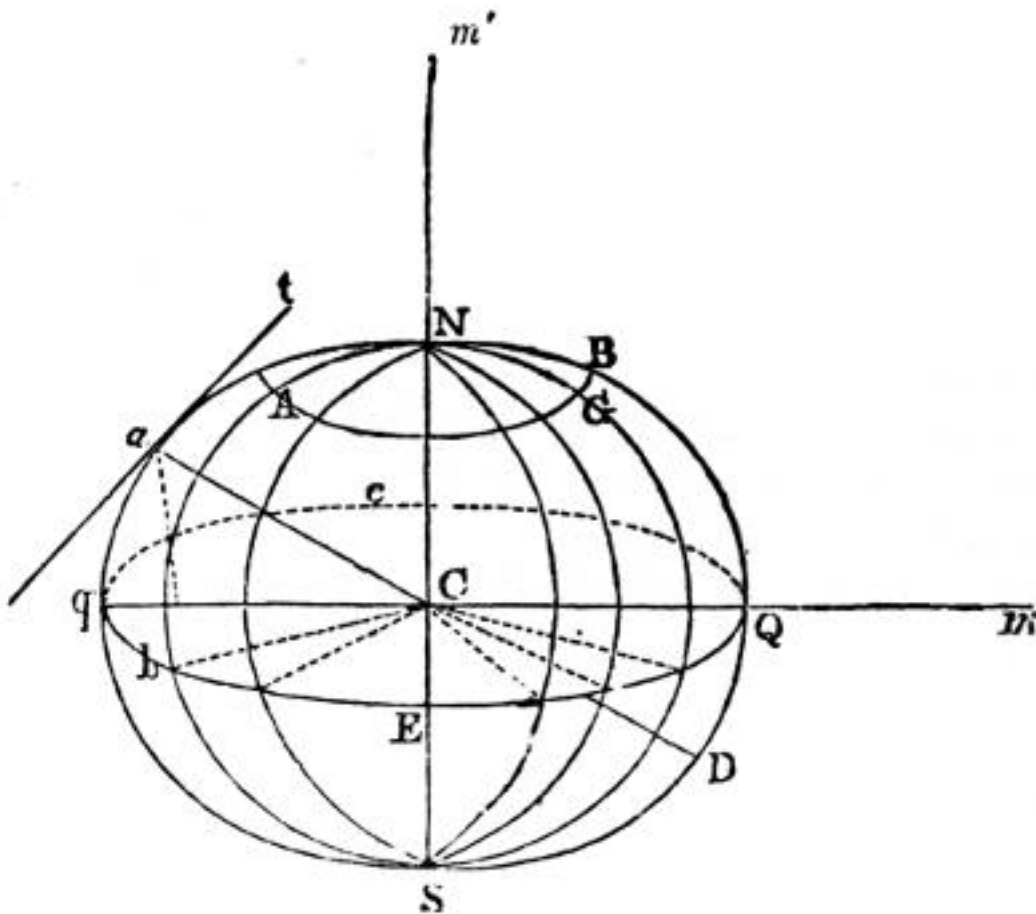


Рис. 1.

Примечание 9, [стр. 4](#). *Сфероид*. Твердое тело, которое иногда имеет форму апельсина, как на рис. 1; тогда его называют сплюснутым сфероидом, потому что он сплюснут у полюсов N и S .

Такова форма земли и планет. Когда, наоборот, он вытянут на полюсах наподобие яйца, как на рис. 2, его называют вытянутым сфероидом. Очевидно, что в обоих этих твердых телах радиусы Cq , Ca , Cn и c . обычно неравны, тогда как в сфере все они равны.

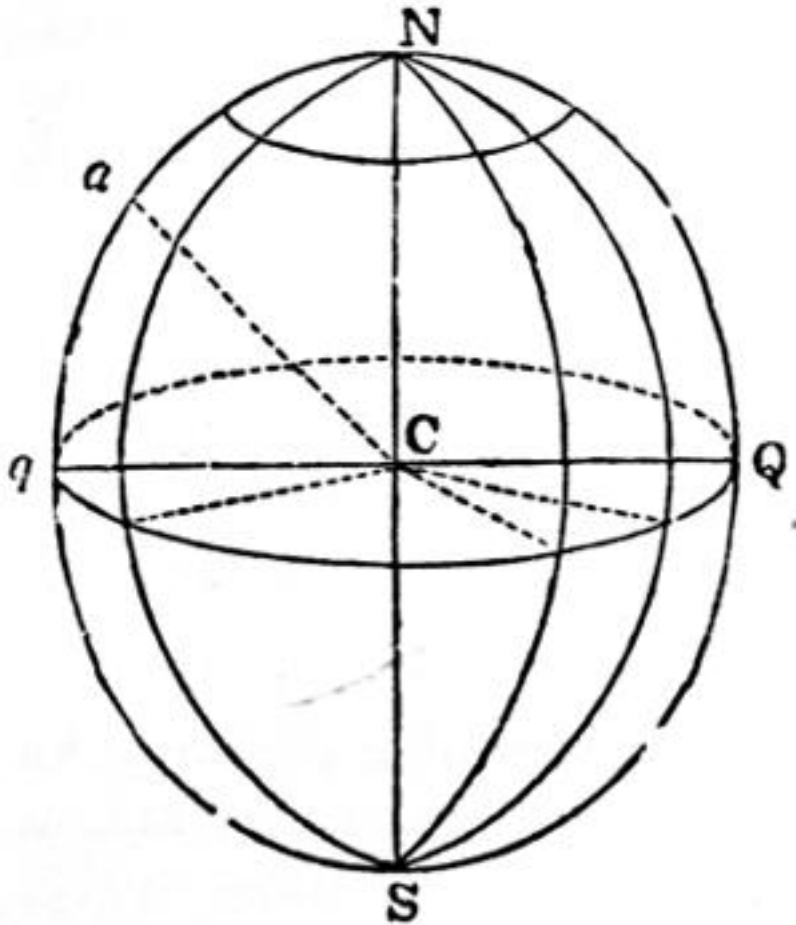


Рис. 2.

Примечание 10, стр. 4. *Центр тяжести.* Точка в каждом теле, при поддержке которой тело будет оставаться в состоянии покоя в любом положении. Около этой точки все части точно уравнивают друг друга. Небесные тела притягивают друг друга, как если бы каждое из них было сконденсировано в единую частицу, расположенную в центре тяжести, или частицу, расположенную в центре тяжести каждого из них, можно рассматривать как обладающую результирующей мощностью бесчисленных наклонных сил, которые составляют все притяжение тела.

Примечание 11, стр. 4, 6. *Полюса и экватор.* Пусть рис. 1 или 3 представляют землю, C - ее центр, $NcSs$ - ось вращения или воображаемую линию, вокруг которой она совершает свой ежедневный оборот. Тогда N и S - северный и южный полюса, а большой круг qEq , который делит землю на две равные части, является экватором. Земля сплюснута на полюсах, рис. 1, экваториальный диаметр, qQ , превышает полярный диаметр, NS , примерно на $26\frac{1}{2}$, мили. Меньшие круги, ABG , параллельные экватору, представляют собой круги или параллели широты, которая оценивается в градусах, минутах и секундах, к северу и югу от экватора, причем каждое место на одной и той же параллели имеет одинаковую широту. Гринвич

находится на параллели $51^{\circ} 28' 40''$. Таким образом, земная широта - это угловое расстояние между направлением отвеса в любом месте и плоскостью экватора. Такие линии, как Nqs, Nges, рис. 3, называются меридианами; во всех точках любой из этих линий в одно и то же мгновение наступает полдень. Гринвичский меридиан был выбран британцами в качестве начала земной долготы, которая оценивается в градусах, минутах и секундах к востоку и западу от этой линии. Если N G E S - Гринвичский меридиан, то положение любого места В определяется, когда известны его широта Q C В и долгота E C Q.

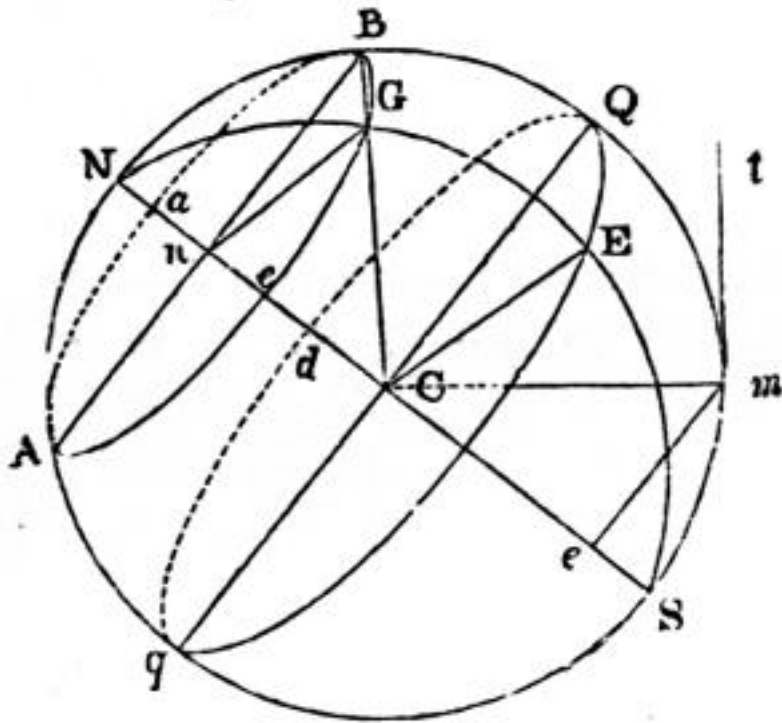


Рис. 3.

Примечание 12, [стр. 4](#). *Средние величины* являются промежуточными между другими большими и меньшими величинами. Среднее значение любого числа неравных величин равно их сумме, деленной на их количество. Например, среднее значение между двумя неравными величинами равно половине их суммы.

Примечание 13, [стр. 4](#). *Определенная средняя широта*. Притяжение сферы к внешнему телу такое же, как если бы ее масса была собрана в одну тяжелую частицу в ее центре тяжести, и интенсивность ее притяжения уменьшается по мере увеличения квадрата ее расстояния от внешнего тела. Но притяжение сфероида, рис. 1, к внешнему телу при m в плоскости его экватора, Eq, больше, а его притяжение к тому же телу при m' на оси N меньше, чем если бы это была сфера. Следовательно, в обоих случаях сила отклоняется от точного закона всемирного тяготения. Это отклонение возникает из-за выступающего вещества на экваторе; и по мере того, как оно уменьшается к полюсам, увеличивается и сила притяжения сфероида. Но есть одна средняя широта, где притяжение сфероида такое же, как если бы это была сфера. Это часть сфероида, промежуточная между экватором и полюсом. На этой широте квадрат синуса равен $\frac{1}{3}$ экваториального радиуса.

Примечание 18, [стр. 5](#). **Центробежная сила.** Сила, с которой вращающееся тело стремится вылететь из центра движения: праща стремится вылететь из руки под действием центробежной силы. Касательная - это прямая, касающаяся изогнутой линии в одной точке, не разрезая ее, как mT , рис. 4. Направление центробежной силы находится по касательной к изогнутой линии

или траектории, по которой вращается тело, и ее интенсивность увеличивается с угловым поворотом тела и с удалением его от центра движения. Поскольку орбита Луны не сильно отличается от окружности, пусть она будет представлена через $m d g h$, рис. 4, при этом Земля находится в точке С. Центробежная сила, возникающая из-за скорости движения Луны по своей орбите, уравнивает притяжение Земли. Благодаря их совместному действию луна движется по дуге $m n$ в течение времени, за которое она отлетела бы по касательной $m T$ под действием только центробежной силы или провалилась бы сквозь $m p$ под действием только земного притяжения. $T n$, отклонение от касательной, параллельно и равно mp , заданному синусу дуги mn , которую луна, как предполагается, проходит за секунду, и поэтому она настолько мала, что ее можно рассматривать как прямую линию. $T n$, или mp , - это пространство, через которое Луна провалилась бы в первую секунду своего падения на землю, если бы ее центробежная сила не удерживала ее на своей орбите.

Примечание 19, [стр. 5](#). *Действие и реакция*. Когда движение передается путем столкновения или давления, действие тела, наносящего удар, с равной силой отражается телом, принимающим удар. Давлению руки на стол противодействуют с равной и противоположной силой. Это обязательно следует из непроницаемости материи, свойства, благодаря которому никакие две частицы материи не могут занимать одну и ту же идентичную часть пространства одновременно. Когда движение передается без видимого контакта, как при гравитации, притяжении и отталкивании, количество движения, получаемое одним телом, в точности равно количеству движения, теряемому другим, но в противоположном направлении; обстоятельство, известное только по опыту.

Примечание 20, [стр. 5](#). *Проектируемый*. Тело отбрасывается при броске: отбрасывается мяч, выпущенный из ружья; поэтому его называют снарядом. Но у этого слова есть и другое значение. Линия, поверхность или твердое тело называются спроецированными на плоскость, когда от каждой их точки к плоскости проводятся параллельные прямые линии. Фигура, нарисованная таким образом на плоскости, является проекцией. Следовательно, проекцией земного объекта является его тень при дневном свете, поскольку солнечные лучи ощутимо параллельны.

Примечание 21, [стр. 5](#). *Пробел*. Безграничная область, которая содержит в себе все творение.

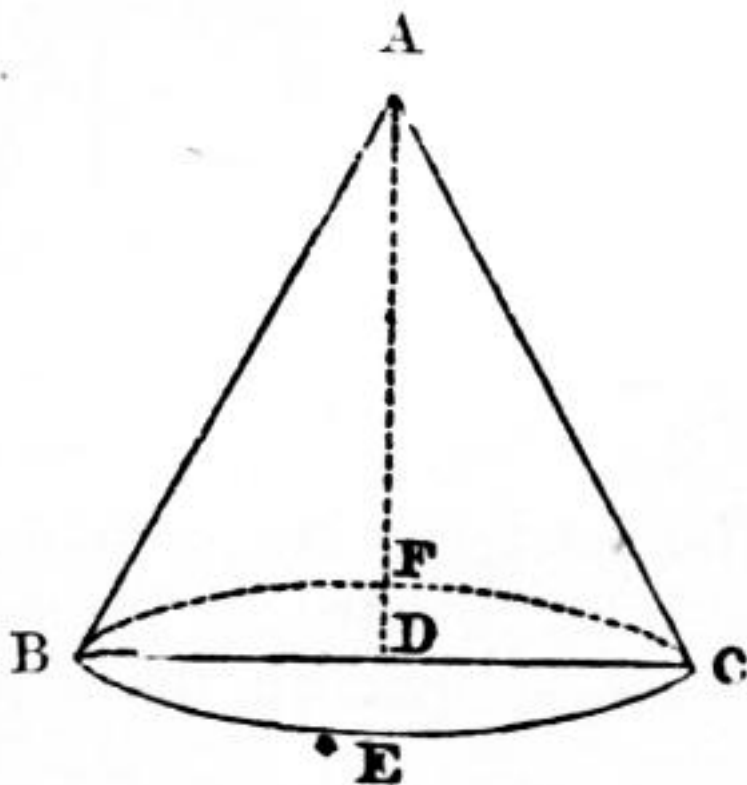


Рис. 5.

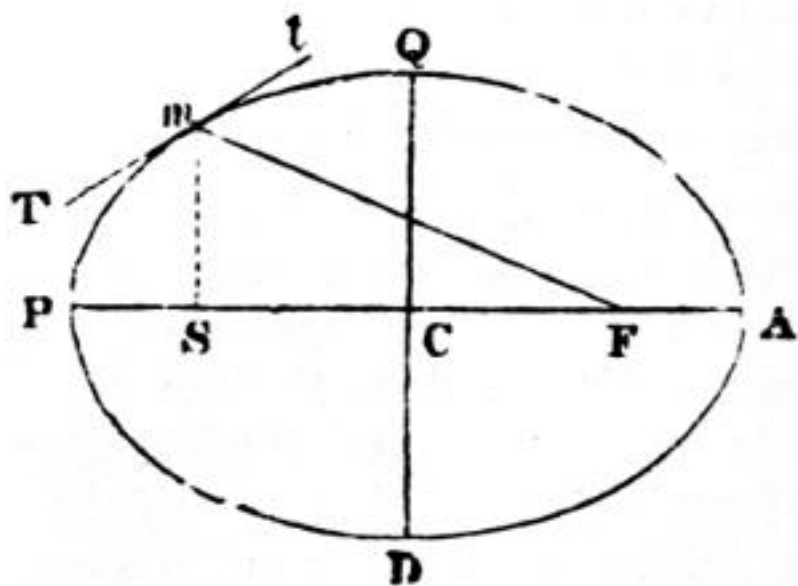


Рис. 6.

Примечание 22, стр. 5, 11. *Конические сечения*. Линии, образованные любой плоскостью, разрезающей конус. Конус - это сплошная фигура, похожая на сахарную буханку, рис. 5, у которой A - вершина, AD - ось, а плоскость B E C F - основание. Ось может быть перпендикулярна основанию, а может и не быть, а основанием может быть окружность или любая другая изогнутая линия. Когда ось перпендикулярна основанию, твердое тело

представляет собой прямоугольный конус. Если прямоугольный конус с круглым основанием разрезать под прямым углом к основанию плоскостью, проходящей через вершину, сечение будет треугольным. Если конус разрезать с обеих сторон плоскостью, параллельной основанию, сечение будет иметь форму круга. Если конус разрезать под прямым углом с обеих сторон, сечение будет эллипсом, рис. 6. Если вырезать конус параллельно одной из наклонных сторон в виде буквы В, то сечение будет представлять собой параболу, рис. 7. И если плоскость срежет только одну сторону конуса, а не будет параллельна другой, то сечение будет представлять собой гиперболу, рис. 8. Таким образом, имеется пять конических сечений.

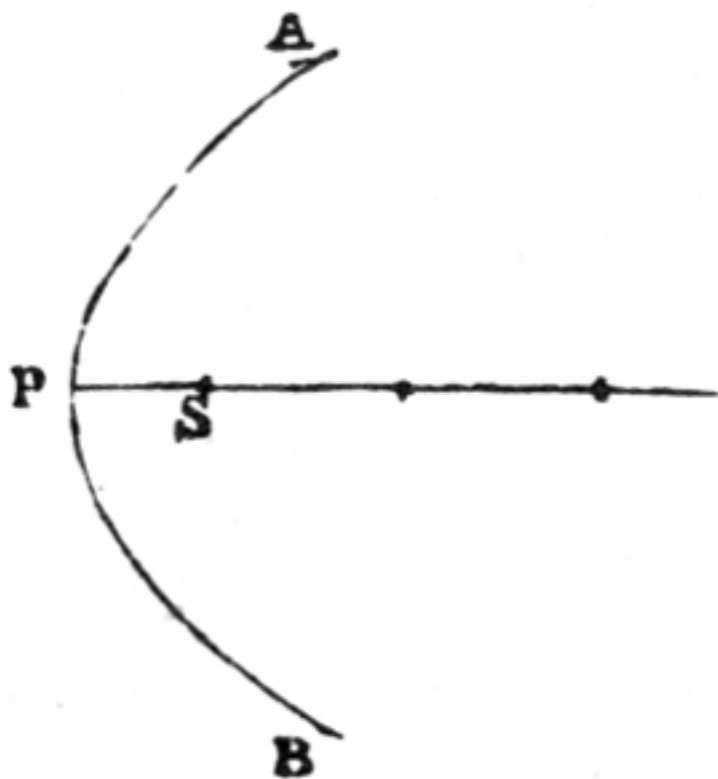


Рис. 7.

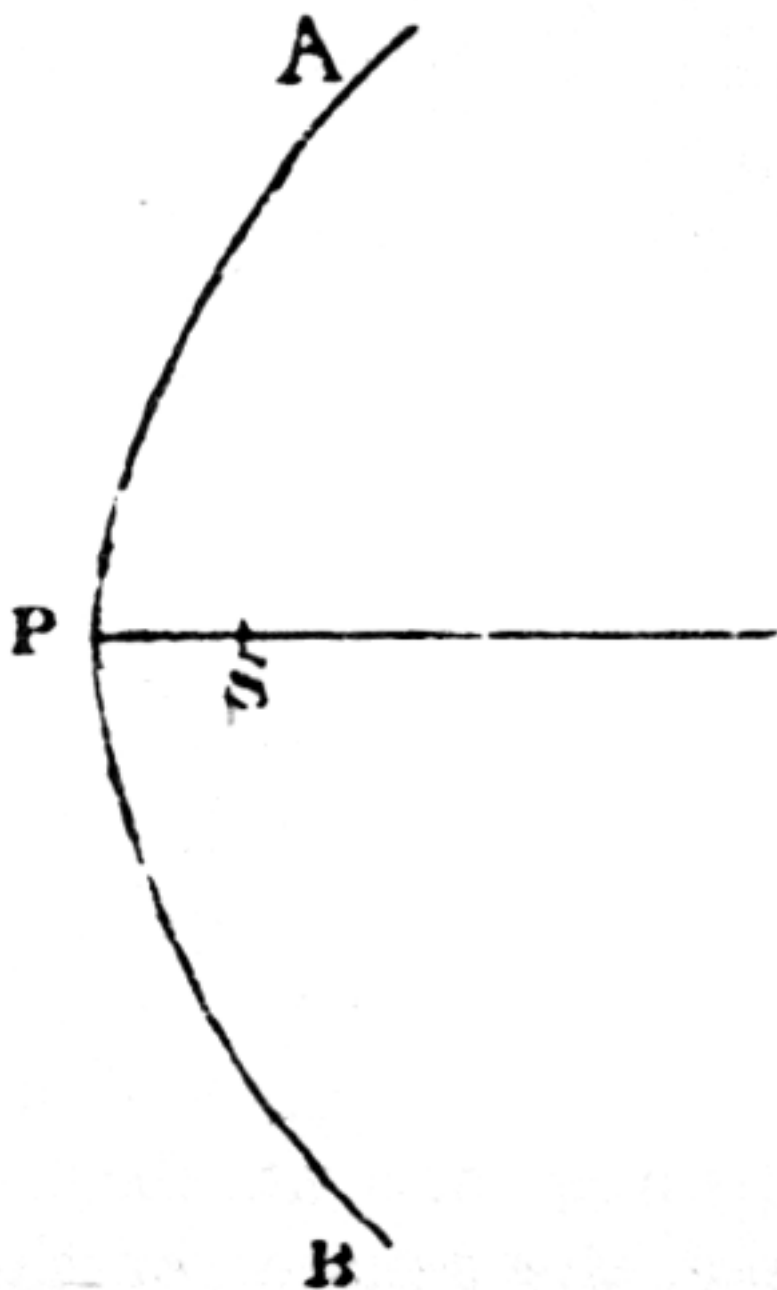


Рис. 8.

Примечание 23, [стр. 5](#). *Обратный квадрат расстояния*. Притяжение одного тела к другому на расстоянии двух миль в четыре раза меньше, чем на расстоянии одной мили; на расстоянии трех миль оно в девять раз меньше, чем на расстоянии одной; на расстоянии четырех миль оно в шестнадцать раз меньше, и так далее. То есть сила притяжения уменьшается по интенсивности с увеличением квадратов расстояния.

Примечание 24, [стр. 5](#). *Многоточие*. Одно из конических сечений, рис. 6. Эллипс можно нарисовать, прикрепив концы бечевки к двум точкам, S и F, на листе бумаги, а затем проведя кончиком карандаша по кругу в петле натянутой бечевки, длина которой больше расстояния между двумя точками. Точки S и F называются фокусами, C - центром, Sc или Cf -

эксцентриситетом, A_p - большой осью, Q_d - малой осью, а P_s - фокусным расстоянием.

Очевидно, что чем меньше эксцентриситет C_s , тем ближе эллипс приближается к окружности; и из конструкции ясно, что длина струны $S m F$ равна большой оси $P A$. Если $T t$ является касательной к эллипсу в точке m , то угол $T m S$ равен углу $t m F$; и, поскольку это верно для каждой точки эллипса, из этого следует, что в эллиптической отражающей поверхности лучи света или звука, исходящие из одного фокуса S , будут отражаться поверхностью в другой фокус F , поскольку угол падения равен углу отражения согласно теориям света и звука.

Примечание 25, [стр. 5](#). *Периодическое время*. Время, за которое планета или комета совершает оборот вокруг Солнца или спутника вокруг своей планеты.

Примечание 26, [стр. 5](#). Кеплер открыл три закона в движении планет, с помощью которых устанавливается принцип тяготения: —1-й закон, согласно которому радиусы-векторы планет и комет описывают площади, пропорциональные времени.—Пусть фиг. 9 - орбита планеты; тогда, предположив, что пространства или площади $P S p$, $p S a$, $a S b$ и т.д. равны друг другу, радиус-вектор $S P$, который является линией, соединяющей центры солнца и планеты, проходит через эти равные пространства за равное время; то есть, если линия $S P$ переходит в $S p$ за один день, она достигнет $S a$ за два дня, до $S b$ через три дня, и так далее. 2-й закон гласит, что орбиты или пути планет и комет представляют собой конические сечения, в одном из фокусов которых находится солнце. Орбиты планет и спутников представляют собой кривые, подобные рис. 6 или 9, называемые эллипсами, с солнцем в фокусе S . Известно, что несколько комет движутся по эллипсам; но большая часть, по-видимому, движется по параболам, рис. 7, с солнцем в S , хотя вероятно, что они действительно движутся по очень длинным плоским эллипсам; другие, по-видимому, движутся по гиперболам, как рис. 8. Третий закон состоит в том, что квадраты периодов обращения планет пропорциональны кубам их средних расстояний от солнца. Квадрат числа - это то число, которое умножается само на себя, а куб числа - это то число, которое дважды умножается само на себя. Например, квадраты чисел 2, 3, 4 и т. Д. Равны 4, 9, 16 и т. Д., Но их кубы равны 8, 27, 64 и т. Д. Тогда квадраты чисел, представляющих периоды обращения двух планет, относятся друг к другу как кубы чисел, представляющих их средние расстояния от солнца. Таким образом, поскольку известны три из этих величин, то другая может быть найдена по правилу трех. Средние расстояния измеряются в милях или земных радиусах, а периодичность оценивается в годах, днях и частях суток. Законы Кеплера распространяются и на спутники.

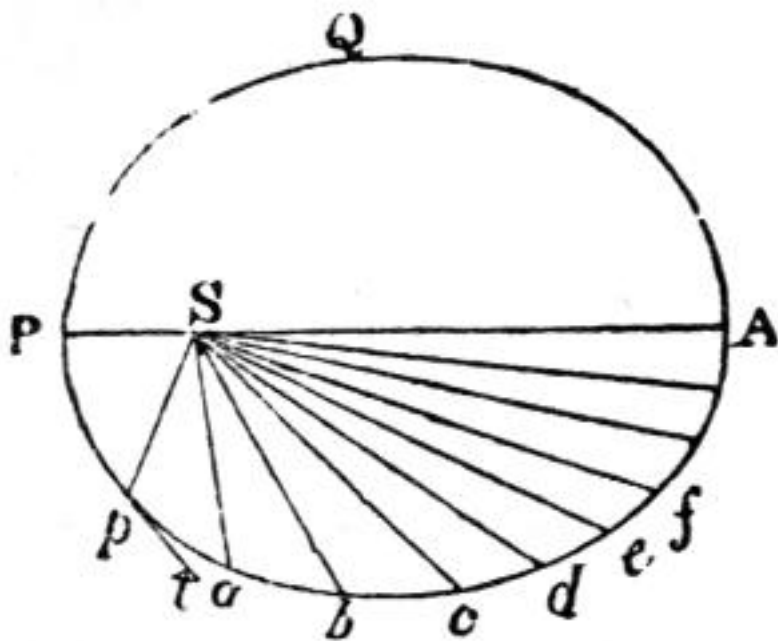


Рис. 9.

Примечание 27, [стр. 5](#). *Масса*. Количество вещества в данной массе. Оно пропорционально плотности и объему или объемной массе вместе взятым.

Примечание 28, [стр. 5](#). *Сила тяжести пропорциональна массе*. Если бы не сопротивление воздуха, все тела упали бы на землю за одинаковое время. Фактически, сто равных частиц вещества, находящихся на равных расстояниях от поверхности земли, упали бы на землю по параллельным прямым линиям с одинаковой скоростью, и никаких изменений в условиях их падения не произошло бы, если бы 99 из них были объединены в одну твердую массу; ибо твердая масса и отдельная частица коснулись бы земли в одно и то же мгновение, если бы не сопротивление воздуха.

Примечание 29, [стр. 5](#). *Первичный* означает в астрономии планету, вокруг которой вращается спутник. Земля первична по отношению к Луне.

Примечание 30, [стр. 6](#). *Вращение*. Движение вокруг оси, реальное или воображаемое.

Примечание 31, [стр. 7](#). *Сжатие сфероида*. Сплющивание на полюсах. Оно равно разнице между наибольшим и наименьшим диаметрами, деленной на наибольший, причем эти величины выражаются в некоторой стандартной мере, в милях.

Примечание 32, [стр. 7](#). *Спутники*. Небольшие тела, вращающиеся вокруг некоторых планет. Луна - спутник Земли.

Примечание 33, [стр. 7](#). *Нутация*. Колебательное движение земной оси во время вращения, подобное тому, которое наблюдается при вращении волчка. Это происходит из-за притяжения солнца и Луны к выпуклой материи на земном экваторе.

Примечание 34, [стр. 7](#). *Ось вращения*. Линия, реальная или воображаемая, вокруг которой вращается тело. Ось вращения Земли - это диаметр, или воображаемая линия, проходящая через центр и оба полюса. На рис. 1 изображена земля, N S - ось вращения.

Примечание 35, [стр. 7](#). *Нутация лунной орбиты*. Воздействие выпуклого вещества на земном экваторе на Луну вызывает изменение наклона лунной орбиты к плоскости эклиптики. Предположим, что плоскость Np , fig. 13, to be the orbit of the moon, and Nmn the plane of the ecliptic, the earth's action on the moon causes the angle *плоскостью эклиптики, воздействие земли на Луну приводит к тому, что угол pNm* ,,, становится меньше или больше его среднего значения. Нутация на лунной орбите - это реакция на нутацию земной оси.

Примечание 36, [стр. 7](#). *Переведено*. Переносится вперед в пространстве.

Примечание 37, [стр. 7](#). *Сила, пропорциональная скорости*. Поскольку сила измеряется по ее воздействию, движения тел солнечной системы между собой были бы одинаковыми независимо от того, находится система в состоянии покоя или нет. Реальное движение человека, идущего по палубе корабля в море, складывается из его собственного движения и движения корабля, однако каждое из них происходит независимо от другого. Мы ходим так, как если бы земля находилась в состоянии покоя, хотя она совершает двойное движение: вращается вокруг своей оси и вокруг солнца.

Примечание 38, [стр. 8](#). *Касательная*. Прямая линия, которая касается изогнутой линии в одной точке, не разрезая ее. На рис. 4, mT является касательной к кривой в точке m . В окружности касательная находится под прямым углом к радиусу, Cm .

Примечание 39, [стр. 8](#). *Движение по эллиптической орбите*. Планета m , рис. 6, движется вокруг солнца со скоростью S по эллипсу $PdAq$ вследствие действия двух сил, одна из которых толкает ее в направлении касательной mT , а другая тянет ее к солнцу в направлении mS . Его скорость, которая наибольша при P , уменьшается по всей дуге до P от A до A , где она наименьшая, и непрерывно увеличивается по мере движения по дуге AQp , пока снова не достигнет P . Общая сила, вызывающая эллиптическое движение, изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния. См. [Примечание 23](#).

Примечание 40, [стр. 8](#). *Радиусы-векторы*. Воображаемые линии, соединяющие центр солнца и центр планеты или кометы, или центры планеты и ее спутника. В окружности все радиусы равны; но в эллипсе, рис. 6, радиус-вектор Sa больше, а Sp меньше всех остальных. Радиус-векторы Sq , Sd равны Ca или Cp , половине большой оси Pa , и, следовательно, равны среднему расстоянию. Планета находится на своем среднем расстоянии от солнца, когда находится в точках Q и D .

Примечание 41, [стр. 8](#). *Равные площади в равные сроки*. Смотрите 1-й закон Кеплера в [примечании 26](#), [стр. 5](#).

Примечание 42, [стр. 8](#). *Большая ось*. Линия Pa , рис. 6 или 10.

Примечание 43, [стр. 8](#). *Если бы планета описала круг, и т.д.* Движение планеты вокруг Солнца по окружности ABP , рис. 10, радиус которой Ca равен среднему расстоянию планеты от него, было бы равномерным, то есть ее скорость всегда была бы одинаковой. Принимая во внимание, что если бы он двигался по эллипсу AQR , его скорость постоянно менялась бы, согласно [примечанию 39](#); но его движение таково, что время, проходящее между его вылетом из P и возвращением в эту точку, было бы одинаковым, независимо от того, двигался ли он по кругу или по эллипсу; поскольку эти кривые совпадают в точках P и A .

Примечание 44, [стр. 8](#). *Истинное движение*. Движение тела по его реальной орбите P D A Q, рис. 10.

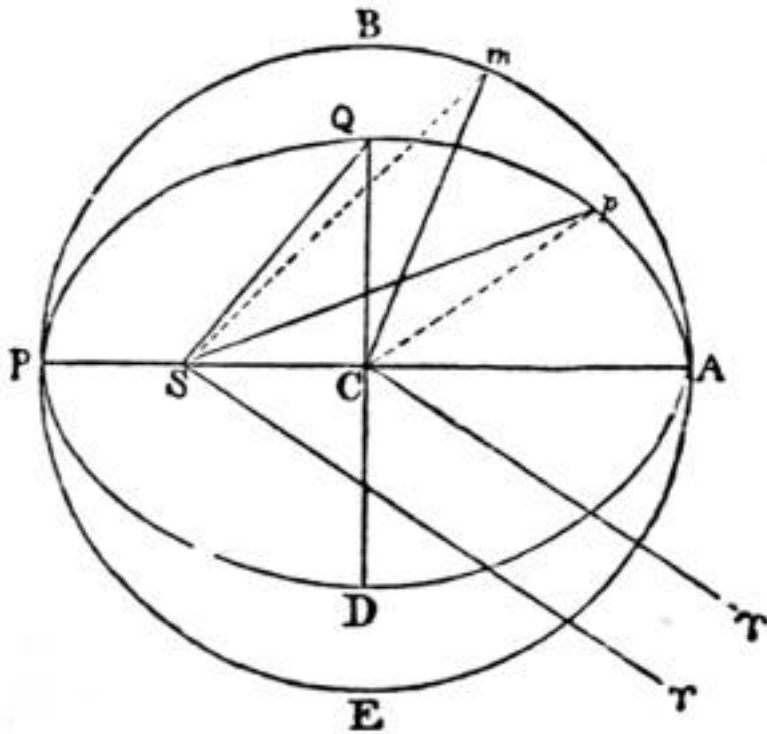


Рис. 10.

Примечание 45, [стр. 9](#). *Означает движение*. Равномерное движение по окружности P E A B, рис. 10, на среднем расстоянии S_r или C m за время, пока тело совершит оборот по своей эллиптической орбите P D A Q.

Примечание 46, [стр. 9](#). *равноденствие*. На рис. 11 изображена небесная сфера, а C - ее центр, где предположительно находится земля. $q \vee Q \triangleq$ равноденствие, или большой круг, очерченный на звездном небе воображаемым продолжением плоскости земного экватора, а E $\vee e \triangleq$ эклиптика, или видимый путь солнца вокруг земли. $\vee \text{ф}$ - пересечение этих двух плоскостей, является линией равноденствий; $\vee^2$ - весеннее равноденствие, а $\triangleq$ - осеннее. Когда солнце находится в этих точках, дни и ночи равны. Они удалены друг от друга на полукруг или два прямых угла. Точки E и e - это точки солнцестояния, когда солнце находится на наибольшем расстоянии от точки равноденствия. Точка равноденствия повсюду находится на расстоянии девяносто градусов от своих полюсов N и S, которые являются двумя точками, диаметрально противоположными друг другу, где ось вращения земли, если ее продлить, соприкоснулась бы с небесами. Северный небесный полюс N находится в пределах $1^\circ 24'$ от полярной звезды. Поскольку широта любого места на поверхности земли равна высоте полюса над горизонтом, ее легко определить путем наблюдения. Эклиптика E $\vee e \triangleq$ также везде удалена на девяносто градусов от своих полюсов P и p. Угол P C N между полюсами P и N равноденствия и эклиптики равен углу e C q, называемому наклоном эклиптики.

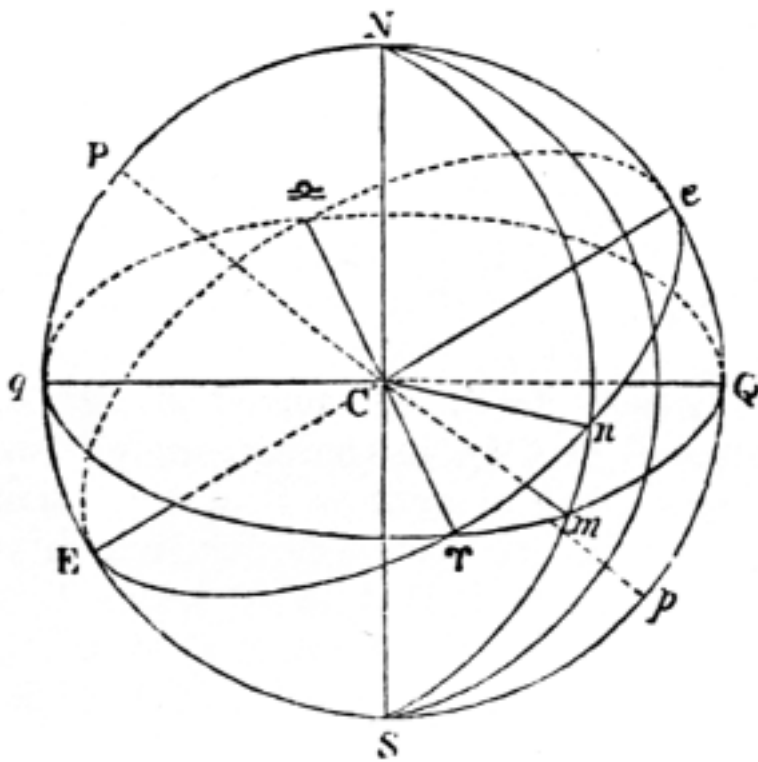


Рис. 11.

Примечание 47, [стр. 9](#). *Долгота*. Точка весеннего равноденствия, Υ рис. 11, представляет собой нулевую точку на небе, откуда измеряются небесные долготы, или угловые движения небесных тел, с запада на восток, направление, в котором все они вращаются. Весеннее равноденствие обычно называют первой точкой Овна, хотя эти две точки не совпадали с ранних эпох астрономии, около 2233 лет назад, из-за движения точек равноденствия, которое будет объяснено ниже. Если S Υ рис. 10, является линией равноденствий, а Υ точкой весеннего равноденствия, то истинная долгота планеты p равна углу $\Upsilon S p$, а ее средняя долгота равна углу $\Upsilon C m$, солнце находится в S . Небесная долгота - это угловое расстояние небесного тела от точки весеннего равноденствия; тогда как земная долгота - это угловое расстояние места на поверхности земли от произвольно выбранного меридиана, например, Гринвичского.

Примечание 48, [стр. 9](#), [58](#). *Уравнение центра*. Разница между $\Upsilon C m$ и $\Upsilon S p$, рис. 10; то есть разница между истинной и средней долготой планеты или спутника. Истинное и среднее места совпадают только в точках P и A ; в любой другой точке орбиты истинное место находится либо перед, либо за средним местом. При движении от A по дуге $A Q P$ истинное место p находится позади среднего места m ; а через дугу $P D A$ истинное место находится перед средним местом. В своем максимуме уравнение центра измеряет Cs , эксцентриситет орбиты, поскольку это разница между движением тела по эллипсу и по окружности, диаметр которой Ap является большой осью эллипса.

Примечание 49, [стр. 9](#). *Апсиды*. Точки P и A , рис. 10, расположены на концах большой оси орбиты. Точку P обычно называют перигелием, греческим термином, обозначающим *обращение вокруг солнца*; а точку A называют афелием, греческим термином, обозначающим *расстояние от солнца*.

Примечание 50, [стр. 9](#). *Девяносто градусов*. Круг делится на 360 равных частей, или градусов; каждый градус на 60 равных частей, называемых минутами; и каждая минута на 60 равных частей, называемых секундами. Обычно эти величины записывают таким образом: $15^{\circ} 16' 10''$, что означает пятнадцать градусов, шестнадцать минут и десять секунд. Ясно, что дуга tn , рис. 4, измеряет угол tCn ; следовательно, мы можем сказать, что дуга имеет столько-то градусов или угол во столько-то градусов; ибо, если угол tCn равен десяти градусам, то в дуге будет десять градусов tn . Очевидно, что прямой угол составляет 90° , tCd , или квадрант, поскольку это четвертая часть 360° .

Примечание 51, [стр. 9](#). *Квадратуры*. Говорят, что небесное тело находится в квадратуре, когда оно удалено от солнца на 90 градусов. Например, на рис. 14, если d - солнце, S - земля, а p - Луна, то говорят, что луна имеет квадратуру, когда она находится в любой из точек Q или D , потому что углы Qsd и Dsd , которые измеряют ее видимое расстояние от солнца, являются прямыми углами.

Примечание 52, [стр. 9](#). *Эксцентрисичность*. Отклонение от круглой формы. На рис. 6 Cs - эксцентриситет орбиты $PqAD$. Чем меньше Cs , тем ближе орбита или эллипс приближаются к круглой форме; а когда Cs равно нулю, эллипс становится окружностью.

Примечание 53, [стр. 9](#). *Наклон орбиты*. Пусть S , рис. 12, - центр солнца, $PNAp$ - орбита планеты, движущейся с запада на восток в направлении Np . Пусть $ENmep$ - тень или проекция орбиты на плоскость эклиптики, тогда NSn - пересечение этих двух плоскостей, поскольку орбита поднимается над плоскостью эклиптики в направлении Np и опускается под ней в точке Np . Угол pNm , который эти две плоскости составляют друг с другом, представляет собой наклон орбиты PnA к плоскости эклиптики.

Примечание 54, [стр. 9](#). *Широта планеты*. Угол pSm , рис. 12, или высота планеты p над эклиптикой Enm . В данном случае это северная широта. Таким образом, небесная широта - это угловое расстояние небесного тела от плоскости эклиптики, тогда как земная широта - это угловое расстояние места на поверхности Земли от экватора.

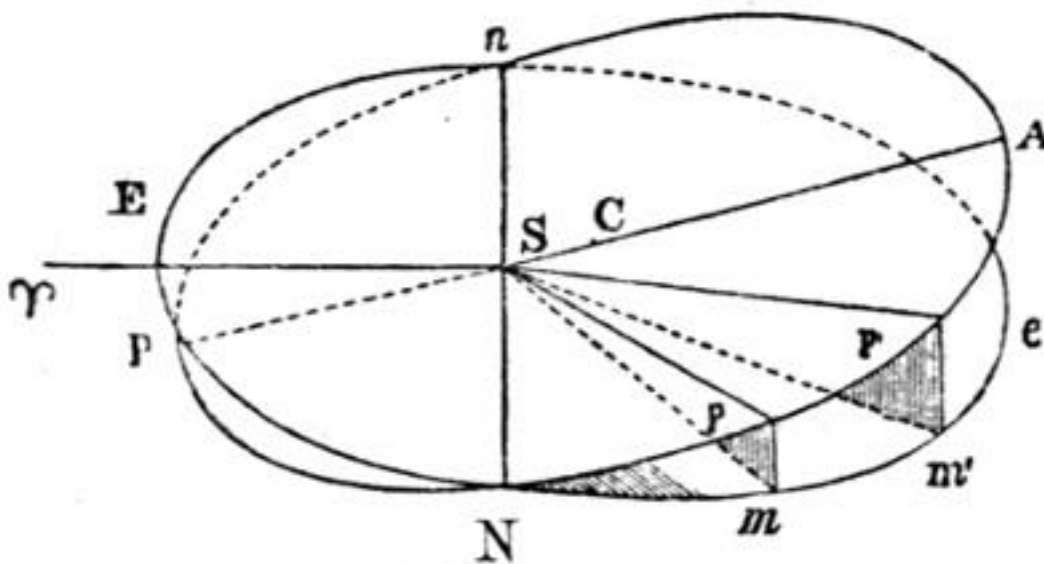


Рис. 12.

Примечание 55, [стр. 9](#). *Узлы*. Две точки N и n , рис. 12, в которых орбита $NA n P$ планеты или кометы пересекает плоскость эклиптики $e N E n$. Часть $NA n$ орбиты лежит над плоскостью эклиптики, а часть $n P N$ под ней. Восходящий узел N - это точка, через которую проходит тело, поднимаясь над плоскостью эклиптики, а нисходящий узел n - это точка, в которой тело опускается ниже нее. Узлы орбиты спутника - это точки, в которых он пересекает плоскость орбиты планеты.

Примечание 56, [стр. 10](#). *Расстояние от солнца*. $S p$ на рис. 12. Если γ^2 - день весеннего равноденствия, то $\gamma S p$ - это долгота планеты p , m - это ее широта, а $S p$ - расстояние от солнца....., p Когда известны эти три величины, определяется место планеты p в пространстве.

Примечание 57, [стр. 10, 59](#). *Элементы орбиты*. Из них их всего семь. Пусть $P N A n$, рис. 12, - эллиптическая орбита планеты, C - ее центр, S - солнце в одном из фокусов, γ^2 точка Овна, а $e N e n$ - плоскость эклиптики. Элементами являются — большая ось Ap ; эксцентриситет Cs ; периодическое время, то есть время полного обращения тела по своей орбите; и четвертым является долгота тела в любой данный момент — например, та, в которую оно проходит через перигелий P , точку его орбиты, ближайшую к солнцу. Этот момент принимается за начало времени, откуда оцениваются все предшествующие и последующие периоды. Этих четырех величин достаточно, чтобы определить форму орбиты и движение тела по ней. Три других элемента необходимы для определения положения орбиты в пространстве. Это угол γSp , долгота перигелия; угол $A N e$, который представляет собой наклон орбиты к плоскости эклиптики; и, наконец, угол γSn , долгота N восходящего узла.

Примечание 58, [стр. 10](#). *Чьи плоскости и т.д.* Плоскости орбит, как указано на рис. 12, по которым движутся планеты, наклонены или составляют небольшие углы $e Na$ с плоскостью эклиптики $e n$, и пересекают ее прямыми линиями, $N S n$ проходящими через S , центр солнца..

Примечание 59, [стр. 11](#). *Импульс*. Сила, измеряемая весом тела и его скоростью, или простой скоростью, совместно. Следовательно, первоначальный импульс планет - это количество движения, которое было вложено в них, когда они впервые были выброшены в космос.

Примечание 60, [стр. 11](#). *Неустойчивое равновесие*. Говорят, что тело находится в равновесии, когда оно настолько сбалансировано, что остается в состоянии покоя. Но есть два вида равновесия: *стабильное* и *нестабильное*. Если тело, находящееся в устойчивом равновесии, слегка нарушить, оно попытается вернуться в состояние покоя с помощью ряда движений взад и вперед, которые будут постоянно уменьшаться, пока не прекратятся совсем, и тогда тело будет возвращено в свое первоначальное состояние покоя. Но если равновесие неустойчиво, эти движения взад и вперед, или колебания, будут становиться все больше и больше, пока равновесие не будет нарушено.

Примечание 61, [стр. 14](#). *Ретроградно*. Движение в обратном направлении, как с востока на запад, вопреки движению планет.

Примечание 62, [стр. 14](#). *Параллельные направления*. Такие, которые никогда не пересекаются, хотя и тянутся очень далеко.

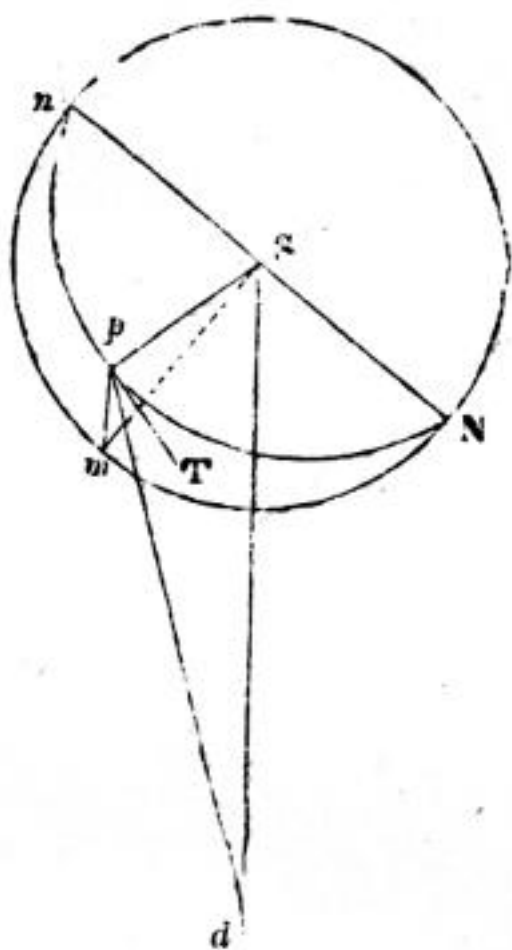


Рис. 13.

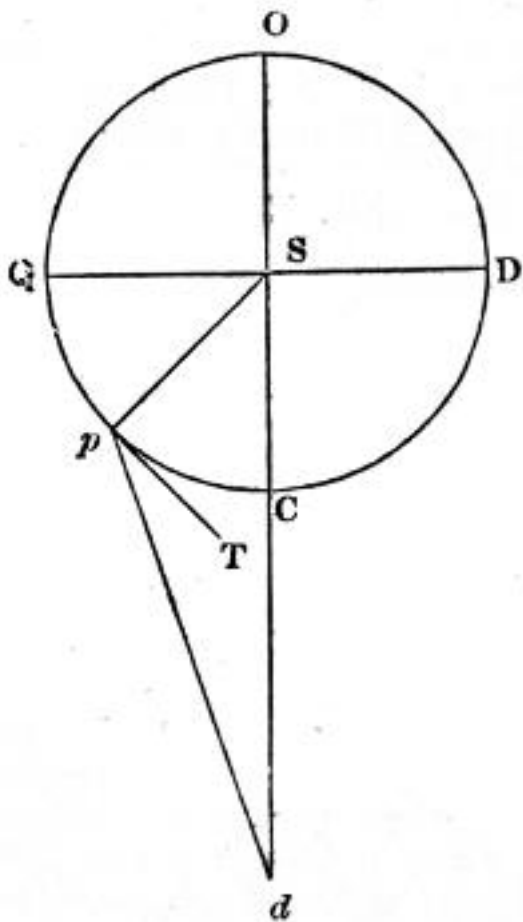


Рис. 14.

Примечание 63, стр. 14, 16. *Вся сила и т. Д.* Пусть S, рис. 13, будет солнцем, N *т n* плоскостью эклиптики, *p* возмущенной планетой, движущейся по своей орбите *n p N*, и *d* возмущающей планетой. Теперь, *d* притягивает солнце и планету *p* с разной интенсивностью в направлениях *d S*, *d p*: только разница этих сил нарушает движение *p*; поэтому это называется возмущающей силой. Но всю эту возмущающую силу можно рассматривать как эквивалентную трем силам, действующим в направлениях *p S*, *p T* и *pt*. Сила, действующая в радиус-векторе *p S*, соединяющем центры солнца и планеты, называется *радиальной силой*. Это иногда отдаляет потревоженную планету *p* от солнца, а иногда приближает ее к нему. Сила, действующая в направлении касательной *p T*, называется *касательной силой*. Это нарушает движение *p* по долготе, то есть ускоряет его движение в одних частях его орбиты и замедляет в других, так что радиус-вектор *S p* не перемещается по равным участкам за равное время. (См. [примечание 26.](#)) Например, из положения тел на рис. 14 очевидно, что вследствие притяжения *d*, движение планеты *p* будет ускоряться от Q к C, замедляться от C к D, снова ускоряться от D к O и, наконец, замедляться от O к Q. Возмущающее тело здесь предполагается находящимся в состоянии покоя, а орбита круговой; но, поскольку оба тела постоянно движутся с разными скоростями по эллипсам, возмущения или изменения в движениях *p* очень многочисленны. Наконец, та часть возмущающей силы, которая действует в направлении линии *pt*, рис. 13, под прямым углом к плоскости орбиты N *т n*, может быть названа перпендикулярной силой. Иногда это приводит к тому, что тело приближается ближе, а иногда и удаляется дальше от плоскости эклиптики N *т n*,

чем это было бы в противном случае. Действие возмущающих сил превосходно объяснено в работе о гравитации м-ра Эйри, королевского астронома.

Примечание 64, стр. 16, 74. *Перигелий*. Рис. 10, P, точка орбиты, ближайшая к Солнцу.

Примечание 65, стр. 16. *Афелий*. Рис. 10, A - точка орбиты, наиболее удаленная от солнца.

Примечание 66, стр. 16, 17. На рис. 15 центральная сила больше, чем точный закон всемирного тяготения; следовательно, кривизна $P p a$ is greater than $P p A$ the real ellipse; hence the planet p comes to the point a , called the aphelion, sooner than if it moved in the orbit $P p A$, which makes the line $P S A$ advance to a . На фиг. 16, наоборот, кривизна $p л a$ меньше, чем в истинного эллипса, поэтому планеты $л$ должен перемещаться более, чем дуга $П P A$ или 180° , прежде чем дело доходит до афелия A, который вызывает большую ось П отступать к себе.

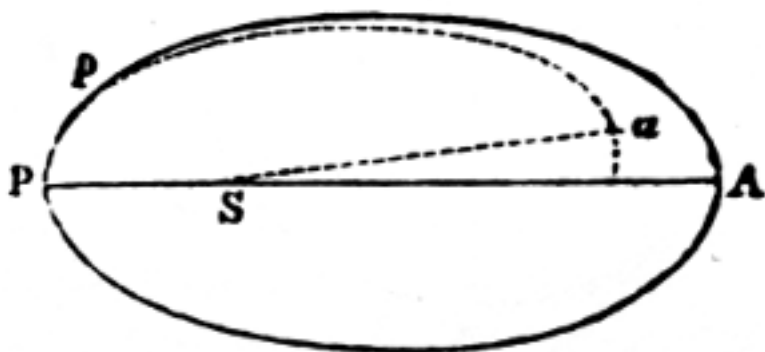


Рис. 15.

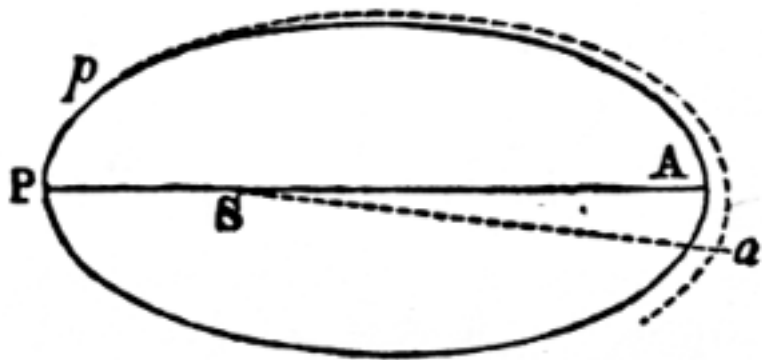


Рис. 16.

Примечание 67, стр. 16, 17. *Движение вершин*. Пусть P S A, рис. 17, - положение эллиптической орбиты планеты в любой момент времени; затем под действием возмущающих сил она последовательно принимает положение P' S A' , P'' S a'' и т. Д., Пока этим прямым движением не совершит оборот, а затем не начнет все сначала; так что движение будет постоянным.

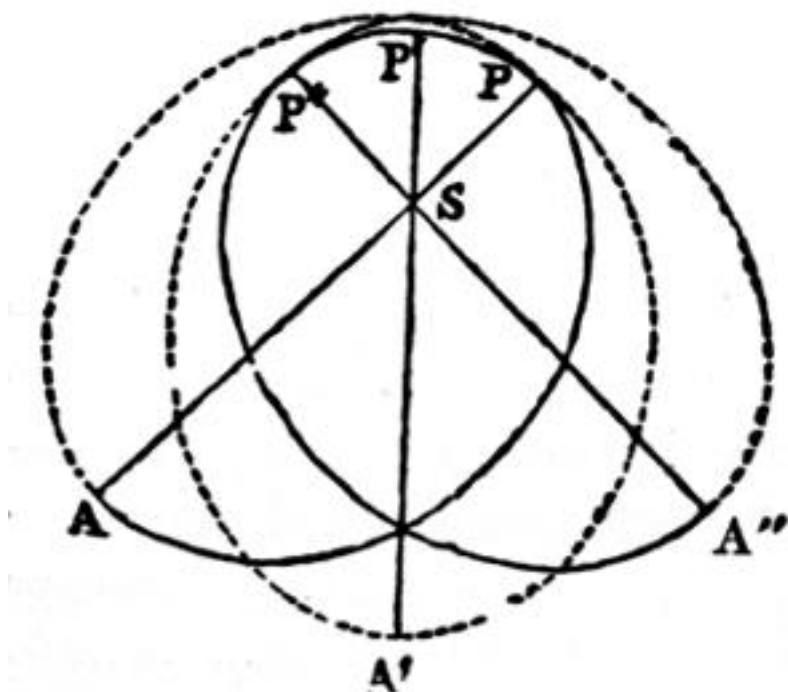


Рис. 17.

Примечание 68, [стр. 17](#). *Звездный оборот*. Последовательное возвращение объекта к одной и той же звезде.

Примечание 69, [стр. 17](#). *Тропическая революция*. Последовательное возвращение объекта в один и тот же тропик или точку равноденствия.

Примечание 70, [стр. 17](#). *Орбита только выпуклая и т.д.* На рис. 18 показан эффект изменения эксцентриситета, где $P p A$ - эллиптическая орбита в любой данный момент; через некоторое время она примет форму $P p' A$ вследствие уменьшения эксцентриситета Cs ; затем формы $P p'' A$, $P p''' A$ и т.д. Последовательно по той же причине; и, поскольку большая ось Pa всегда сохраняет ту же длину, орбита все больше и больше приближается к круглой форме. Но по прошествии нескольких тысяч лет орбита снова сжимается и становится все более и более эллиптической.

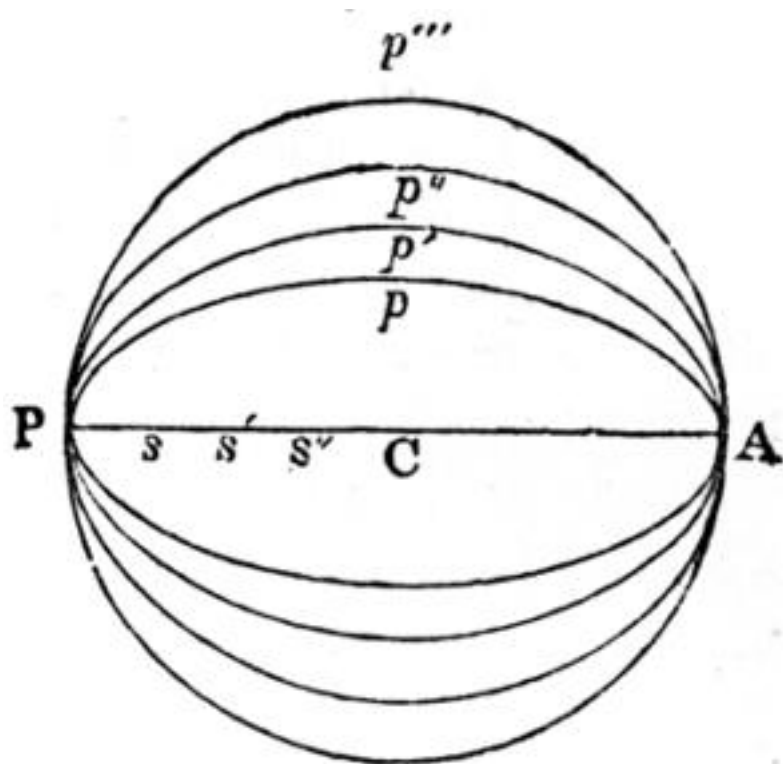


Рис. 18.

Примечание 71, стр. 18, 19. Эклиптика - это видимый путь солнца на небесах. См . [примечание 46](#).

Примечание 72, стр. 18. Эта сила стремится тянуть и т.д. Рассматриваемая сила, действующая в направлении $p m$, рис. 13, притягивает планету p к плоскости $N m$, or pushes it farther above it, giving the planet a tendency to move in an orbit above or below its undisturbed orbit $N p n$, which alters the angle $p N m$, and makes the node N and the line of nodes $N n$ менять свое положение. В

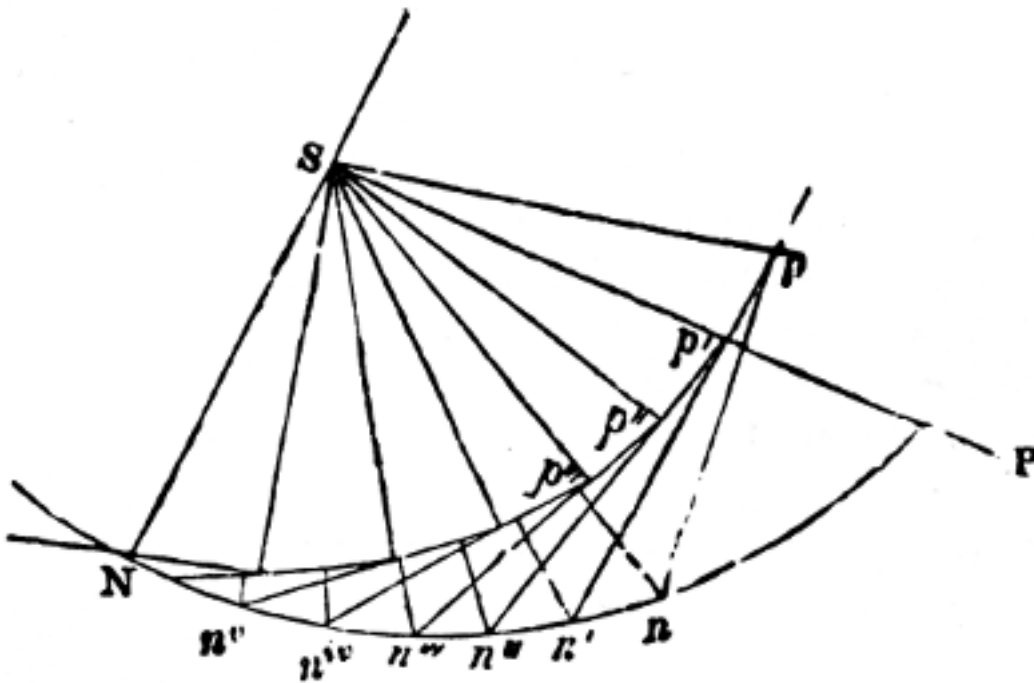


Рис. 19.

Примечание 73, [стр. 18](#). *Движение узлов*. Пусть S, рис. 19, - солнце; SNn - плоскость эклиптики; P возмущающее тело; и p планета, движущаяся по своей орбите pn , часть которой pn настолько мала, что она представлена прямой линией. Плоскость $Snpr$ этой орбиты пересекает плоскость эклиптики по прямой Sn . Предположим, что возмущающая сила начинает действовать на p , чтобы втянуть планету в дугу pp' ; тогда вместо движения по орбите pn , она будет стремиться двигаться по орбите $pp'n'$, плоскость которой пересекает эклиптику по прямой Sn' . Если тревожная сила действует на тело, когда в p' , с тем чтобы обратить его в дугу $p'p''$, планета сейчас имеет тенденцию двигаться в орбите $P'n''n''$, чей самолет разрезает эклиптики в прямой линии с n'' . Действие возмущающей силы на планету при p'' приведет узел к n''' , и так далее. Таким образом, узел движется в обратном направлении через последовательные точки $n, n', n'', n''', \&c.$, and the line of nodes Sn''' имеет постоянное ретроградное движение вокруг S, центра солнца. Возмущающая сила была представлена как действующая с интервалами для иллюстрации: в природе она непрерывна, так что движение узла также непрерывно; хотя оно иногда быстрое, а иногда медленное, то ретроградное, то прямое; но, в целом, движение медленно ретроградное.

Примечание 74, [стр. 18](#). *Когда возмущающая планета находится где-либо на линии Sn, рис. 19, или в ее продолжении, она находится в одной плоскости с возмущенной планетой; и, как бы сильно она ни влияла на ее движение в этой плоскости, у нее не может быть тенденции отклонить ее от нее. Но когда возмущающая планета находится в точке P, под прямым углом к линии Sn, а не в плоскости орбиты, это оказывает мощное влияние на движение узлов: между этими двумя положениями существует большое разнообразие действий.*

Отметим, 75, [стр. 19](#). *Изменения угла наклона* чрезвычайно мизерны по сравнению с движением узла, как очевидно следует из фиг. 19, где углы Npn' , $n'p'n''$, и т. д. гораздо меньше, чем соответствующие углы $nn'n'$, Sn'' , и т. д.

Примечание 76, [стр. 20](#). *Синусы и косинусы*. На рисунке 4 изображен круг; pr - синус, а Cr - косинус дуги tn . Предположим, что радиус Cr начинает вращаться в точке t в направлении tna ; тогда в точке t синус равен нулю, а косинус равен радиусу Cr . По мере того, как прямая Cr вращается и принимает последовательные положения Cn , Ca , Cb и т. Д., синусы pr , aq , br и т. Д. Дуги tn , ta , tb увеличиваются, в то время как соответствующие косинусы Cr , Cq , Cr , & с., уменьшаются; и когда радиус вращения принимает положение Cd под прямым углом к диаметру gm , синус становится равным радиусу Cd , а косинус равен нулю. После прохождения точки d происходит обратное; для синусов eK , lV и с. уменьшаются, а косинусы Sk , Cv и с. продолжают увеличиваться, пока в точке g синус не станет равен нулю, а косинус равен радиусу Cg . Такое же чередование происходит и с остальными частями окружности gh , hm , так что синус или косинус никогда не могут превышать радиус. Поскольку вращение земли неизменно, каждая точка ее поверхности проходит полный круг, или 360 градусов, за двадцать четыре часа со скоростью 15 градусов в час. Время, следовательно, становится мерой углового движения, и *наоборот*, дуги окружности - мерой времени, поскольку эти две величины изменяются одновременно и равномерно; и, поскольку синусы и косинусы дуг выражаются в терминах времени, они изменяются вместе с ним. Следовательно, каким бы длительным ни было время и как бы часто радиус ни совершал оборот по окружности, синусы и косинусы никогда не могут превышать радиус; и, поскольку предполагается, что радиус равен единице, их значения колеблются между единицей и нулем.

Примечание 77, [стр. 20](#). Эйлер, Ла Гранж и Ла Плейс доказали, что небольшие эксцентриситеты и наклоны планетных орбит, а также вращение всех тел в одном направлении являются условиями, необходимыми для стабильности Солнечной системы. Впоследствии, однако, предполагалось, что периодичности членов ряда, выражающих возмущения, будет достаточно *одной*, но М. Пуассон показал, что это ошибка; что эти три условия необходимы для необходимой сходимости ряда и что, следовательно, стабильность системы зависит от них *совместно* с периодичностью синусов и косинусов каждого члена. Автор осознает, что это замечание может быть понятно только аналитику, но она желает исправить ошибку, тем более что условия стабильности представляют собой один из самых поразительных примеров замысла в первоначальной конструкции нашей системы, а также предвидения и высшей мудрости Божественного Архитектора.

Примечание 78, [стр. 22](#). *Стойкая среда*. Жидкость, которая сопротивляется движениям тел, такая как атмосферный воздух или высокоэластичная жидкость, называемая эфиром, которой заполнено пространство.

Примечание 79, [стр. 23](#). *Наклон эклиптики*. Угол $e\angle q$, рис. 11, между плоскостью земного экватора $q\angle Q$ и плоскостью эклиптики $E\angle e$. Наклон может быть переменным.

Примечание 80, [стр. 23](#). *Неизменяемая плоскость*. На земле экватор - это неизменяемая плоскость, которая при вращении вокруг солнца сохраняет почти параллельное положение относительно самой себя, как показано на рис. 20, где Eq представляет ее. Два полушария уравнивают друг друга по обе стороны от этой плоскости и продолжали бы уравнивать, если бы все частицы, из которых они состоят, могли перемещаться между собой, при условии, что земля не была нарушена действием солнца и Луны, которые изменяют параллельность экватора из-за небольшого изменения, называемого нутацией, которое будет объяснено ниже.

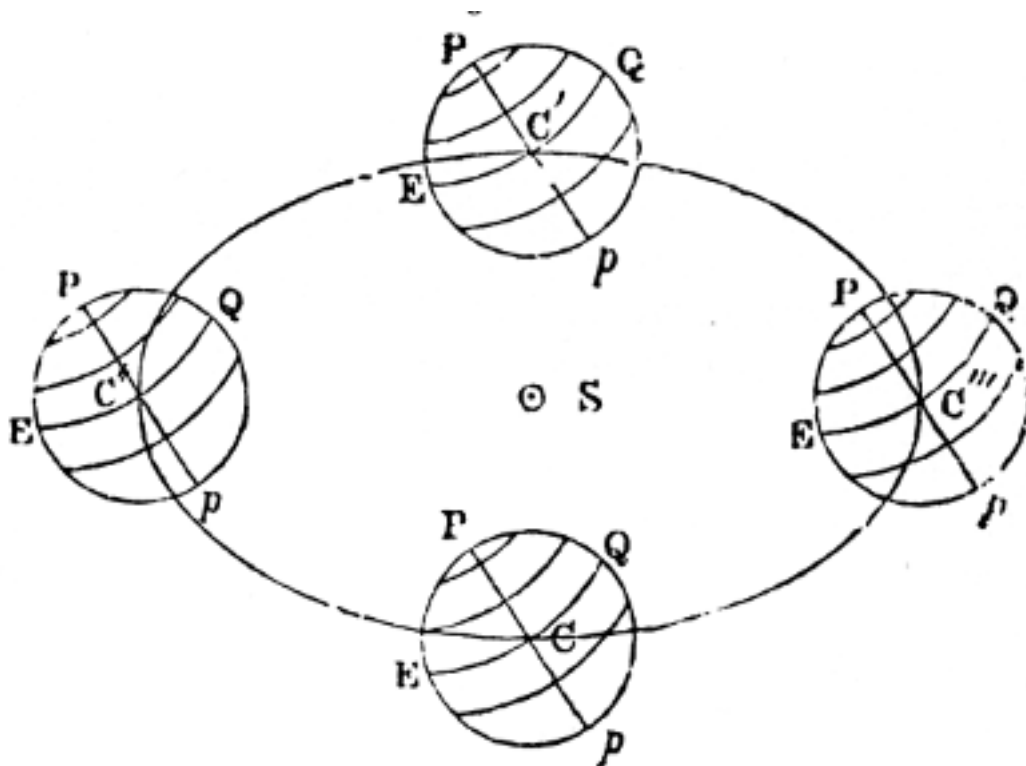


Рис. 20.

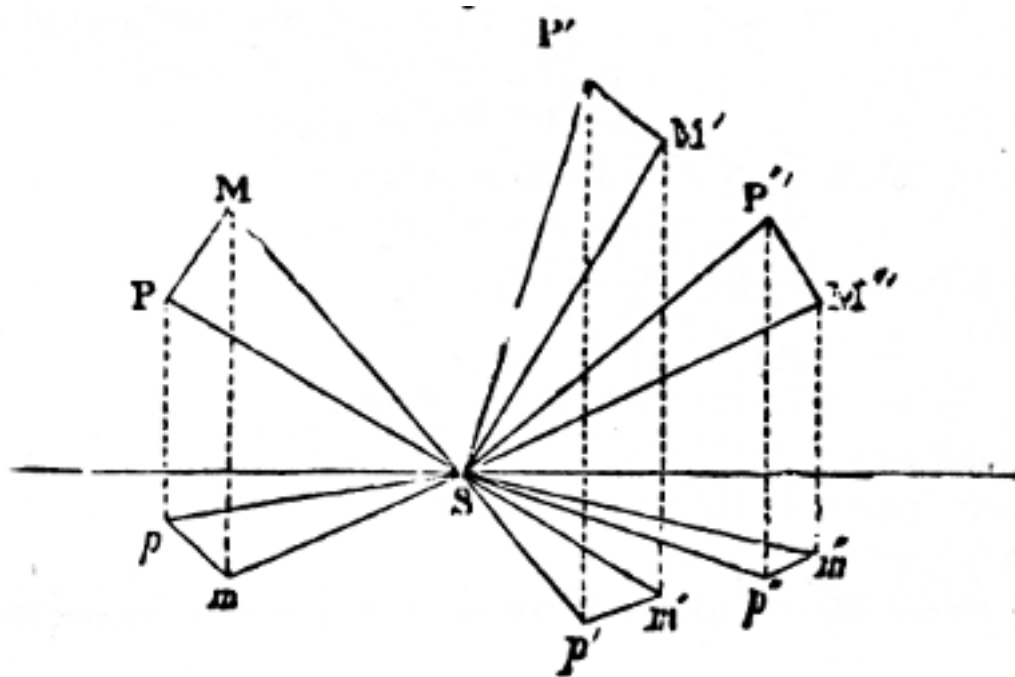


Рис. 21.

Примечание 81, [стр. 24](#). Если каждая частица, &c. Пусть P, P', P'' и с., рис. 21, будут планетами, движущимися по своим орбитам вокруг центра тяжести системы. Пусть $PSM, p'SM'$ и с., будут частями этих орбит, перемещаемых радиусами-векторами SP, Sp' и с., в данный момент времени, и пусть $pSm, p'Sm'$ и с., будут их тенями или проекциями на неизменную

плоскость. Затем, если числа, представляющие the masses of the planets $P, P', \&c.$, be respectively multiplied by the numbers representing the areas or spaces $p S m, p' S m'$ и с., то сумма целого будет больше для неизменяемой плоскости, чем для любой плоскости, которая может проходить через S , центр тяжести системы. В

Примечание 82, [стр. 24](#). *Центр тяжести* солнечной системы находится внутри тела Солнца, поскольку его масса намного превышает массы всех планет и спутников, вместе взятых.

Примечание 83, [стр. 25, 36](#). *Соединение*. Говорят, что планета находится в соединении, когда она имеет ту же долготу, что и солнце, и в оппозиции, когда ее долгота отличается от долготы солнца на 180 градусов. Таким образом, говорят, что два тела находятся в соединении, когда их видно точно в одной и той же части неба, и в оппозиции, когда они диаметрально противоположны друг другу. Меркурий и Венера, которые находятся ближе к солнцу, чем земля, называются низшими планетами; в то время как все остальные, находящиеся дальше от солнца, чем земля, называются высшими планетами. Предположим, что земля находится в точке E , [рис. 24](#); тогда высшая планета будет находиться в соединении с солнцем в точке S и в оппозиции к нему в точке O . Опять же, предположим, что земля находится в O , тогда низшая планета будет находиться в соединении, когда находится в E , и в оппозиции, когда находится в F .

Примечание 84, [стр. 26](#). *Периодические неравенства* вычисляются для данного времени; и, следовательно, для данной формы и положения орбит возмущенных и возмущающих тел. Хотя элементы орбит меняются так медленно, что на неравенствах короткого периода не оказывается заметного влияния, тем не менее, с течением времени вековые вариации элементов настолько сильно меняют формы и относительные положения орбит, что Юпитер и Сатурн, которые заняли бы одинаковые относительные положения по отношению к солнцу и друг к другу через 850 лет, не достигают одинаковых относительных положений раньше, чем через 918 лет.

Примечание 85, [стр. 26](#). *Конфигурация*. Относительное положение планет друг относительно друга, солнца и плоскости эклиптики.

Примечание 86, [стр. 27](#). Точно так же, как эксцентриситет эллиптической орбиты может увеличиваться или уменьшаться под действием возмущающих сил, так и круговая орбита может приобретать меньшую или большую эллиптичность по той же причине. Таким образом, формы орбит первого и второго спутников Юпитера колеблются между окружностями и эллипсами, очень мало отличающимися от окружностей.

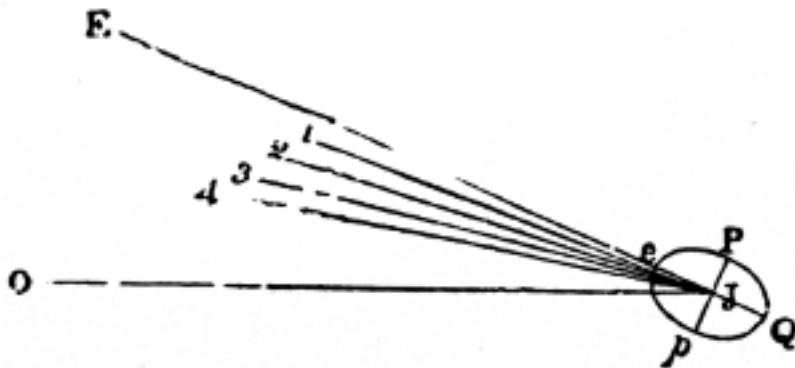


Рис. 22.

Примечание 87, [стр. 28](#). *Плоскость экватора Юпитера* - это воображаемая плоскость, проходящая через его центр под прямым углом к оси вращения, и соответствует плоскости q Е е на рис. 1. Спутники движутся почти в плоскости экватора Юпитера; ибо, если J - Юпитер, рис. 22, P p его ось вращения, e Q - его экваториальный диаметр, который на 6000 миль больше, чем P p, и если Jo и Je - плоскости его орбиты и экватора, если смотреть по краям, то орбиты его четырех спутников, если смотреть по краям, будут иметь положения J1, J2, J3, J4. Они расположены очень близко друг к другу, поскольку угол Ejo составляет всего $3^{\circ} 5' 30''$.

Примечание 88, [стр. 28](#). Вследствие того, что спутники движутся так близко к плоскости экватора Юпитера, при наблюдении с земли они кажутся всегда почти на прямой, как бы сильно они ни меняли свое положение друг относительно друга и относительно своей звезды. Например, вечером 3, 4, 5 и 6 января 1835 года спутники имели конфигурацию, приведенную на рис. 23, где O - Юпитер, а 1, 2, 3, 4 - первый, второй, третий и четвертый спутники. Предполагается, что спутник движется в направлении от рисунка к точке. На шестой вечер на диске планеты был замечен второй спутник.

	West			East	
Jan. 3 rd	2.	1.	○	3.	4.
4	3.	2.	○	1.	4.
5	3.	1.	○	2.	4.
6	3.	②.	1.		4.

Рис. 23.

Примечание 89, [стр. 28](#). *Угловое движение или скорость* — это быстрота, с которой вращается тело, например праща; или скорость, с которой поверхность земли совершает свой ежедневный оборот вокруг своей оси.

Примечание 90, [стр. 29](#). *Смещение орбиты Юпитера*. Действие планет вызывает вековые изменения положения орбиты Юпитера Jo, рис. 22, не влияя на плоскость его экватора J. E. Опять же, солнце и спутники сами по себе, притягивая выступающее вещество на экваторе Юпитера, изменяют положение плоскости Je, не влияя на Jo. И то, и другое вызывает возмущения в движении спутников.

Примечание 91, [стр. 29](#). *Прецессия* по отношению к Юпитеру представляет собой ретроградное движение точки, в которой пересекаются линии Jo, Je, рис. 22.

Примечание 92, [стр. 30](#). *Синодическое движение спутника*. Его движение в промежутке между двумя последовательными затмениями.

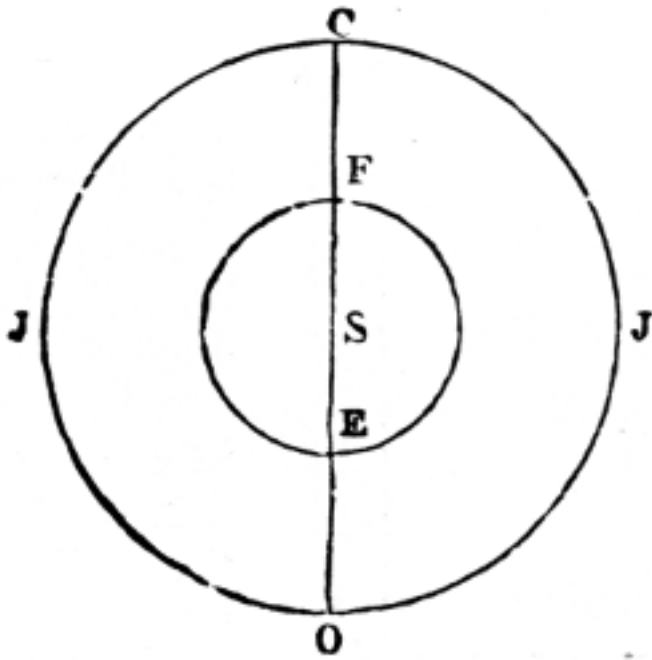


Рис. 24.

Примечание 93, [стр. 30](#). *Возражение*. Считается, что тело находится в оппозиции, когда его долгота отличается от долготы солнца на 180° . Если S, рис. 24, - солнце, а E - земля, то Юпитер находится в оппозиции, когда находится в точке O, и в соединении, когда находится в точке C. В этих положениях три тела находятся на одной прямой линии.

Примечание 94, [стр. 30](#). *Затмения спутников*. Пусть S, рис. 25, будет солнцем, J Юпитером, а *a* и *b* - его тенью. Пусть земля движется по своей орбите в направлении E A R Th, а третий спутник - в направлении *a b m n*. Когда земля находится в точке E, спутник, двигаясь по дуге *a b*, исчезнет в точке *a* и снова появится в точке *b*, на той же стороне Юпитера. Если земля находится в R, Юпитер будет находиться в оппозиции; и тогда спутник, двигаясь по дуге *ab*, исчезнет вблизи диска планеты и снова появится с другой стороны от него. Но, если спутник движется по дуге *m n*, будет казаться, что он проходит над диском и затмевает планету.

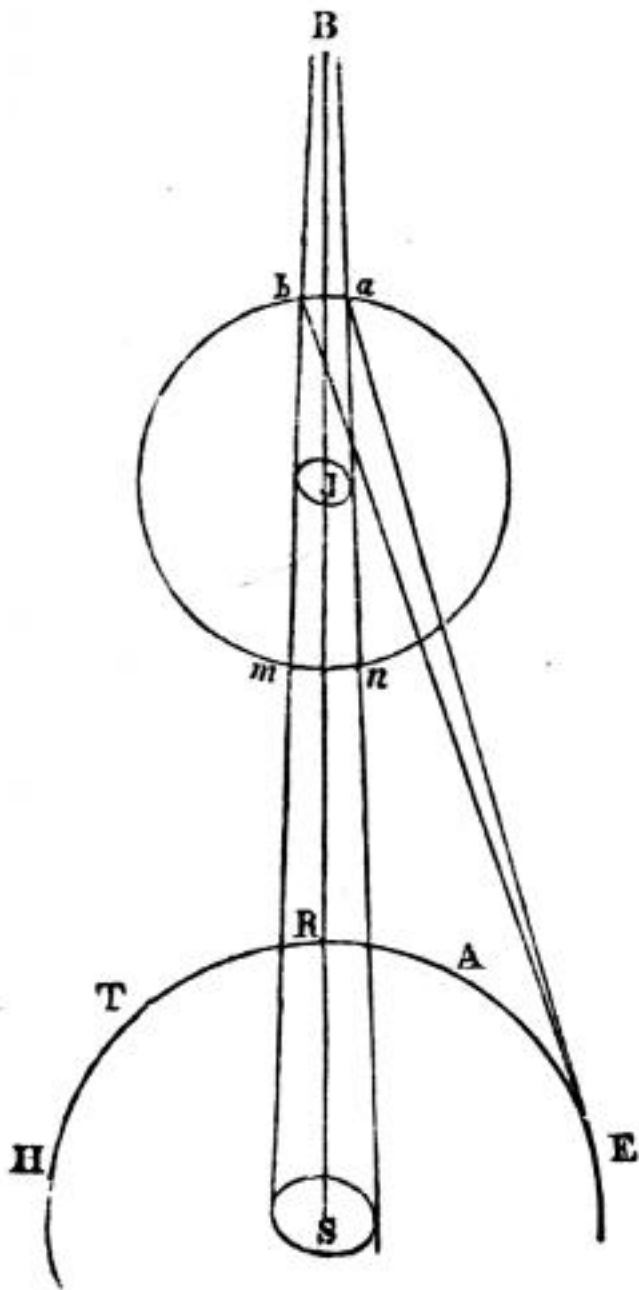


Рис. 25.

Примечание 95, стр. 30, 43. *Меридиан*. Земной меридиан - это линия, проходящая вокруг Земли и через оба полюса. В каждой ее части полдень наступает в одно и то же мгновение. На рисунках 1 и 3 линии Nqs и Ngs являются меридианами, С - центром земли, а Ns - ее осью вращения. Меридиан, проходящий через обсерваторию в Гринвиче, принимается британцами за фиксированную точку отсчета, от которой измеряются земные долготы. И поскольку каждая точка на поверхности земли проходит 360° , или полный круг, за двадцать четыре часа со скоростью 15° в час, время становится репрезентативным для углового движения. Следовательно, если затмение спутника произойдет в каком-либо месте в восемь часов вечера,

а Морской альманах показывает, что то же самое явление произойдет в Гринвиче в девять, то место наблюдения будет находиться на 15° западной долготы.

Примечание 96, [стр. 31](#). *Соединение*. Пусть S - солнце, рис. 24, E - земля, а $J O J' c'$ - орбита Юпитера. Тогда затмения, которые происходят, когда Юпитер находится в O , видны на $16^m 26^s$ раньше, чем те, которые происходят, когда планета находится в C . Юпитер находится в соединении, когда в C , и в оппозиции, когда в O .

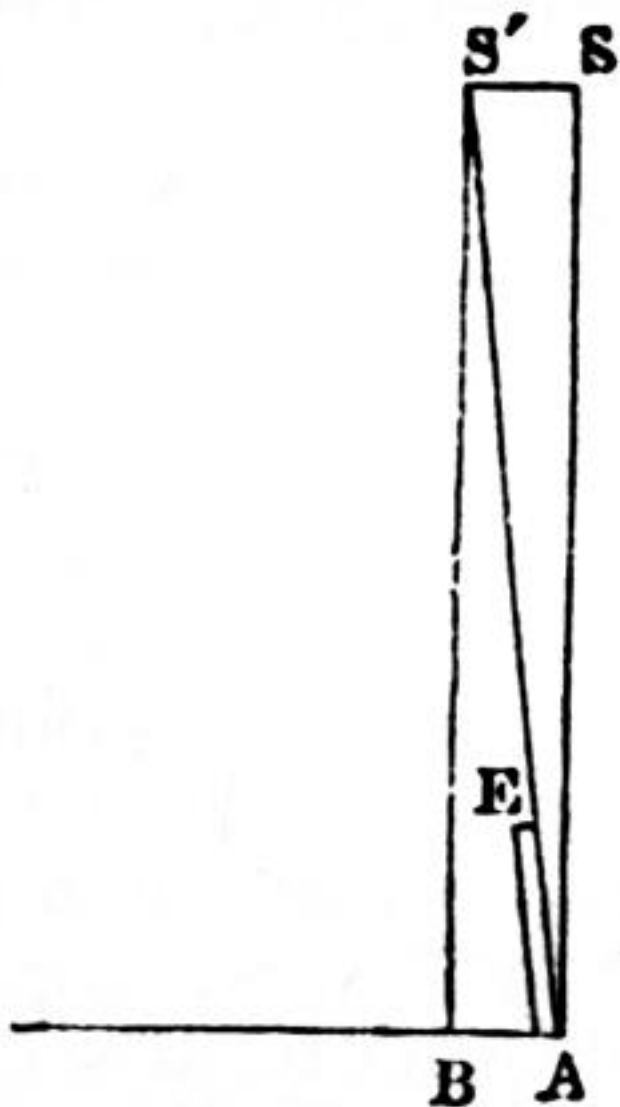


Рис. 26.

Примечание 97, [стр. 31](#). *По диагонали и т. Д.* Если бы линия AS , рис. 26, была в 100 000 раз длиннее AB , истинное место Юпитера находилось бы в направлении AS' , диагонали фигуры $ABs'S$, что, конечно, непропорционально.

Примечание 98, [стр. 31](#). *Аберрация света*. Небесные тела настолько удалены друг от друга, что исходящие от них лучи света можно считать параллельными. Следовательно, пусть Sa , $S' B$, рис. 26, представляют собой два луча света, идущих от солнца или планеты к земле,

движущейся по своей орбите в направлении $A B$. Если держать телескоп в направлении $A S$, луч Sa , вместо того чтобы проходить по трубе, упадет на ее бок и будет потерян вследствие того, что телескоп будет направлен вместе с землей в направлении $A B$. Но, если трубу удерживать в положении $A E$, так что $A B$ будет относиться к $A S$ как отношение скорости земли к скорости света, луч пройдет через S' в A . Кажется, что звезда находится в направлении $A s'$, когда на самом деле она находится в направлении $A S$; следовательно, угол $S A s'$ - это угол аберрации.

Примечание 99, [стр. 32](#). *Плотность пропорциональна эластичности*. Чем больше жидкость, такая как атмосферный воздух, уменьшается в размерах под действием давления, тем сильнее она сопротивляется давлению.

Примечание 100, [стр. 32](#). *Колебания маятника замедлены*. Если часы переносить от полюса к экватору, их темп будет постепенно уменьшаться, то есть они будут идти все медленнее и медленнее, потому что центробежная сила, которая увеличивается от полюса к экватору, уменьшает силу тяжести.

Примечание 101, [стр. 34](#). *Тревожные действия*. Возмущающая сила действует здесь точно так же, как в [примечании 63](#); только возмущающее тело d , рис. 14, - это солнце, S - земля, а p - луна.

Примечание 102, [стр. 35, 36, 86](#). *Перигей*. Греческое слово, обозначающее круглую землю. Перигеем лунной орбиты является точка P , рис. 6, где Луна находится ближе всего к Земле. Она соответствует перигелию планеты. Иногда это слово используется для обозначения точки, где солнце находится ближе всего к земле.

Примечание 103, [стр. 35](#). *Отступление*. Отклонение вызывается действием радиальной силы в направлении $S p$, рис. 14, которая иногда увеличивает, а иногда уменьшает притяжение Земли к Луне. Это приводит к соответствующему временному изменению эксцентриситета, который меняется в зависимости от положения большой оси лунной орбиты относительно линии $S d$, соединяющей центры земли и солнца.

Примечание 104, [стр. 35](#). *Изменение*. Лунное возмущение, называемое вариацией, представляет собой попеременное ускорение и замедление движения Луны по долготе под действием касательной силы. Она ускоряется при переходе от квадратур в Q и D , рис. 14, к точкам C и O , называемым сизигиями, и замедляется при переходе от сизигий C и O снова к Q и D .

Примечание 105, [стр. 36](#). *Квадрат времени*. Если времена увеличиваются со скоростью 1, 2, 3, 4 и т. д., годы или сотни лет, квадраты времен будут равны 1, 4, 9, 16 и т. д., годам или сотням лет.

Примечание 106, [стр. 37](#). Во всех исследованиях, проведенных до сих пор в отношении ускорения, молчаливо предполагалось, что области, описываемые радиус-вектором Луны, не претерпели постоянных изменений; иными словами, касательная возмущающая сила не произвела постоянного эффекта. Но мистер Адамс обнаружил, что вследствие постоянного уменьшения эксцентриситета земной орбиты происходит постепенное изменение центральной возмущающей силы, которая влияет на воздушную скорость, и, следовательно, она изменяет величину ускорения на очень малую величину, а также вариации и другие периодические неравенства Луны. На последних, однако, это не оказывает постоянного эффекта, поскольку воздействует на них в противоположных направлениях через очень умеренные промежутки времени, тогда как очень небольшая ошибка в величине ускорения продолжает увеличиваться

до тех пор, пока эксцентриситет земной орбиты уменьшается, так что это в конечном итоге сведет на нет расчеты местоположения Луны для отдаленных периодов времени. Это показывает, насколько сложны движения Луны и какая строгая точность требуется при их определении.

Чтобы дать представление о трудозатратах, необходимых *просто для улучшения или исправления* лунных таблиц, положение Луны определялось путем наблюдений в Гринвичской обсерватории в 6000 различных точках ее орбиты, каждая из которых сравнивалась с аналогичными точками, рассчитанными по формулам барона Плана, и для этого в течение *восьми лет* were constantly employed for *eight years*. Поскольку долгота определяется движением Луны, лунные таблицы имеют наибольшее значение.

Примечание 107, [стр. 37](#). *Средняя аномалия*. Средняя аномалия планеты - это ее угловое расстояние от перигелия, предполагающее, что она движется по кругу. Истинная аномалия - это ее угловое расстояние от перигелия по эллиптической орбите. Например, на рис. 10 средней аномалией является $Pc\ m$, а истинной аномалией является $Ps\ p$.

Примечание 108, [стр. 38, 68](#). *Множество окружностей*. Длина окружности составляет 360 градусов, или 1 296 000 секунд; и поскольку ускорение Луны увеличивается только со скоростью одиннадцать секунд в столетие, должно пройти огромное количество веков, прежде чем оно достигнет многих окружностей.

Примечание 109, [стр. 39](#). *Фазы луны*. Периодическое изменение освещенной части ее диска с полумесяца на круг в зависимости от ее положения относительно солнца и земли.

Примечание 110, [стр. 39](#). *Лунное затмение*. Пусть S , рис. 27, будет солнцем, E - землей, а m - Луной. Пространство $a\ A\ b$ - это участок тени, имеющий форму конуса или сахарного батона, а пространства $A\ a\ c$, $A\ b\ d$ - это полутень. Ось конуса проходит через A , а также через E и S , центры солнца и земли, и $n\ m\ n'$ - это путь Луны через тень.

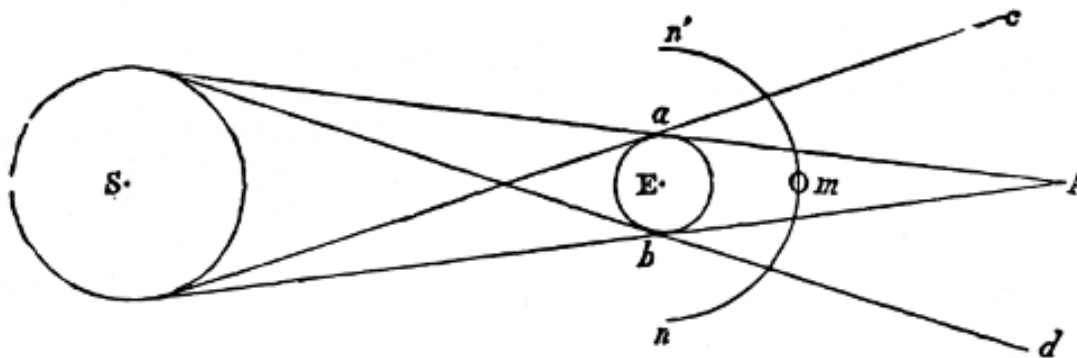


Рис. 27.

Примечание 111, [стр. 39](#). *Видимый диаметр*. Диаметр небесного тела, видимый с земли.

Примечание 112, [стр. 40](#). *Полутень*. Тень или несовершенная темнота, которая предшествует затмению и следует за ним.

Примечание 113, [стр. 40](#). *Синодическое обращение Луны*. Время между двумя последовательными новолуниями или полнолуниями.

Примечание 114, [стр. 40](#). *Горизонтальная рефракция.* Свет, исходящий от небесного объекта, изгибается по кривой, как только он входит в нашу атмосферу; и это изгибание наиболее сильно, когда объект находится на горизонте.

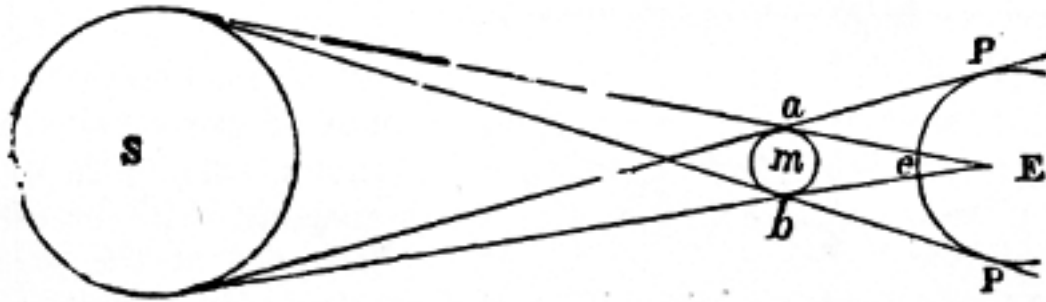


Рис. 28.

Примечание 115, [стр. 40](#). *Солнечное затмение.* Пусть S , рис. 28, будет солнцем, m - Луной, а E - землей. Тогда $a E b$ is the moon's shadow, which sometimes eclipses a small portion of the earth's surface at e , а иногда не достигает ее. Для человека, находящегося на e , в центре тени, затмение может быть полным или кольцевидным; для человека, не находящегося в центре тени, затмится часть солнца; а для человека, находящегося на краю тени, затмения вообще не будет. Пространства $P b E$, $P' a E$, являются полутенью. В

Примечание 116, [стр. 43](#). *От конечностей и т.д.* Если измерить длину линии $a b$, рис. 29, в футах или морских саженьях, то можно измерить углы $S b a$, $S a b$, и тогда известен угол $a S b$, откуда можно вычислить длину линии $S c$. $a S b$ является параллаксом объекта S ; и ясно, что чем больше расстояние от S , тем меньше будет основание a will appear, because the angle $a S' b$ is less than $a S b$. в



Рис. 29.

Примечание 117, [стр. 44](#). Каждая частица будет описывать окружность и т.д. Если Ns , рис. 3, является осью, вокруг которой вращается тело, то частицы в точках B , Q и c . будут вращаться по окружностям $Bg A a$, $Qe qd$, центры которых находятся на оси Ns , а их плоскости параллельны друг другу. Фактически, это параллели широты, где $Qe qd$ является экватором.

Примечание 118, [стр. 44](#). Сила тяжести и т. д. Сила тяжести на экваторе действует в направлении Qc , рис. 30. Принимая во внимание, что направление центробежной силы в точности противоположно направлению Sq ; следовательно, разница между ними заключается в силе, называемой гравитацией, которая заставляет тела падать на поверхность земли. В любой точке, m , не на экваторе, направление силы тяжести - mb , перпендикулярное поверхности, но центробежная сила действует перпендикулярно Ns , оси вращения. Теперь эффект центробежной силы такой же, как если бы это были две силы, одна из которых, действующая в направлении bm , уменьшает силу тяжести, а другая, действующая в направлении mt , касательная к поверхности в точке m , толкает частицы к Q и имеет тенденцию раздвигать землю на экваторе.

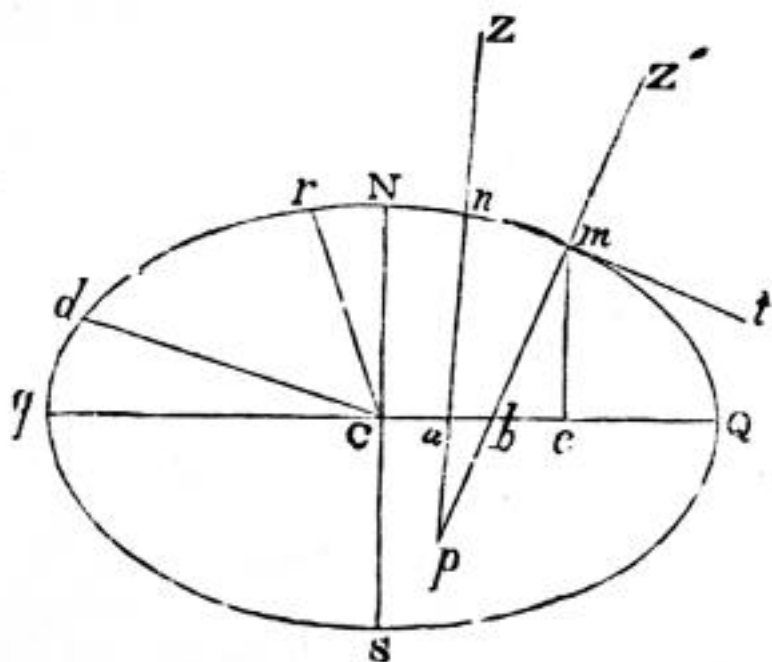


Рис. 30.

Примечание 119, [стр. 45](#). *Однородная масса*. Количество вещества, везде одинаковой плотности.

Примечание 120, [стр. 45](#). *Эллипсоид вращения*. Твердое тело, образованное вращением эллипса вокруг своей оси. Если эллипс вращается вокруг своей малой оси Qd, рис. 6, то эллипсоид будет *сплюснутыми* или сплюснутым у полюсов, как апельсин. Если вращение будет происходить вокруг большей оси Ар, эллипсоид будет вытянутым, как яйцо.

Примечание 121, [стр. 45](#). *Концентрические эллиптические слои*. Слои, имеющие эллиптическую форму и одинаковый центр.

Примечание 122, [стр. 46](#). *В целом и т.д.* Линия N Qs q, рис. 1, представляет рассматриваемый эллипс, его главной осью является Q q, его малой осью является Ns.

Примечание 123, [стр. 46](#). *Увеличение длины радиусов и т.д.* Радиусы постепенно увеличиваются от полярного радиуса Cn, рис. 30, который является наименьшим, до экваториального радиуса Cq, который является наибольшим. Также увеличивается длина дуг, соответствующих тому же количеству градусов от экватора до полюсов; поскольку угол Nc r равен q C d, эллиптическая дуга N r меньше, чем q d.

Примечание 124, [стр. 46](#). *Косинус широты*. Углы m C a, m C b, рис. 4, являются широтами точек a, b и c. Косинусами являются C q, C r и c.

Примечание 125, [стр. 47](#). *Дуга меридиана*. Пусть N Q S q, рис. 30, будет меридианом, а m n - измеряемой дугой. Тогда, если Z' m, Z n - вертикали или прямые, перпендикулярные поверхности земли, на концах дуги m n они встретятся в p. Q a n, Q b m - широты точек m и n, а их разность равна углу m p n. Поскольку широты равны высоте полюса равноденствия над точкой горизонт мест m и n, угол m p n можно определить путем наблюдения. Когда расстояние m n

измеряется в футах или морских саженях и делится на количество градусов и частей градуса, содержащихся в угле $m p n$, получается длина дуги в один градус.

Примечание 126, [стр. 47](#). *Серия треугольников*. Пусть $M M'$, [рис. 31](#), является меридианом любого места. Линия Ab измеряется стержнями на ровном месте длиной в любое количество саженей, причем C - это некоторая точка, видимая с обоих ее концов. Поскольку два угла треугольника $Ab C$ могут быть измерены, длины сторон Ac , Bc могут быть вычислены; и если измерить угол $m Ab$, который основание Ab образует с меридианом, длина сторон $B m$, $A m$, может быть получена вычислением, так что $A m$, небольшая часть меридиана, определяется. Опять же, если D - точка, видимая с концов известной прямой Bc , можно измерить два угла треугольника $Bc D$ и вычислить длину сторон Cd , Bd . Тогда, если измерить угол $B m m'$, известны все углы и сторона $B m$ треугольника $B m m'$, откуда можно вычислить длину линии $m m'$, так что определяется участок $A m'$ меридиана, и таким же образом его можно продлевать до бесконечности.

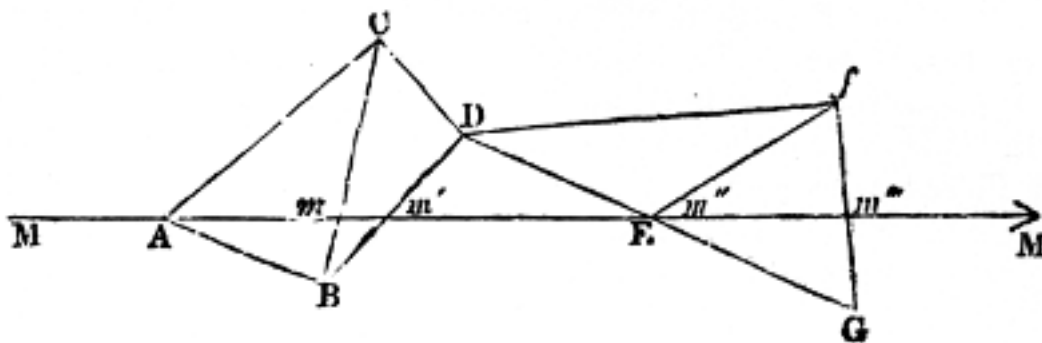


Рис. 31.

Примечание 127, [стр. 47](#), [49](#). *Квадрат синуса широты*. $Q b m$, [рис. 30](#), представляет собой широту m , $e m$ - синус, а $b e$ - косинус. Тогда число, выражающее длину $e m$, умноженное само на себя, равно квадрату синуса широты; а число, выражающее длину $b e$, умноженное само на себя, равно квадрату косинуса широты.

Примечание 128, [стр. 48](#). Полярный диаметр земли, определенный службой обследования Великобритании, составляет 7900 миль; экваториальный равен 7926, что дает сжатие $\frac{1}{299.33}$.

Примечание 129, [стр. 50](#). *Маятник* - это та часть часов, которая качается взад и вперед.

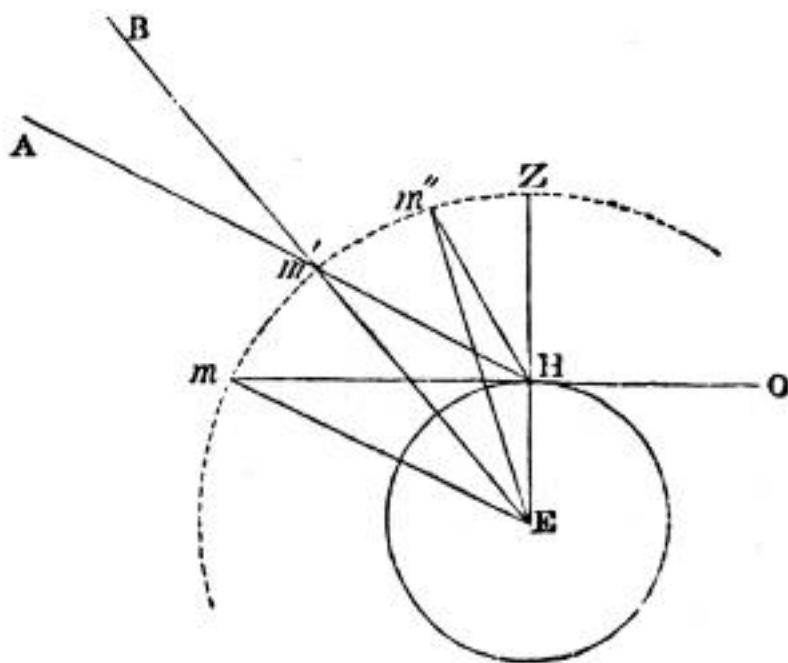


Рис. 32.

Примечание 130, [стр. 52](#). *Параллакс*. Угол $a S b$, рис. 29, под которым мы рассматриваем объект $a b$: следовательно, он уменьшается с увеличением расстояния. Параллакс небесного объекта - это угол, под которым был бы виден радиус земли, если смотреть с этого объекта. Пусть E, рис. 32, - центр земли, Eh - ее радиус, а $m H$ - горизонт наблюдателя в точке H. Тогда $H m E$ - это параллакс тела m , например, Луны. По мере того, как m поднимается все выше и выше в небесах до точек m' , m'' и т. д., параллакс $H m' E$, $H m'' E$ и т. д. уменьшается. В точке Z, зените, или точке непосредственно над головой наблюдателя, оно равно нулю; а в точке m , где тело находится на горизонте, угол $H m E$ является максимально возможным и называется горизонтальным параллаксом. Ясно, что применительно к небесным телам весь эффект параллакса проявляется в вертикали, или в направлении $m' Z$; and as a person at H sees m' in the direction $H m' A$, when it really is in the direction $E m' B$, небесные объекты кажутся ниже, чем они есть на самом деле. Расстояние Луны от Земли было определено по ее горизонтальному параллаксу. Угол $E m H$ можно измерить. Eh m - прямой угол, а Eh, радиус земли, известен в милях; отсюда легко найти расстояние до Луны в м. Годовой параллакс - это угол, под которым был бы виден диаметр земной орбиты, если смотреть со звезды.

Примечание 131, [стр. 52](#). *Радиусы* $n B$, $n G$ и с., рис. 3, равны на любой параллели широты, A a Bg; следовательно, изменение параллакса, наблюдаемое на этой параллели, может быть вызвано только изменением расстояния Луны от земли; и когда Луна находится на своем среднем расстоянии, которое является постоянной величиной, равной половине большой оси ее орбиты, изменение параллакса, наблюдаемое на разных широтах, G и E, должно быть вызвано разницей в длинах лучей. радиусы $n G$ и C E.

Примечание 132, [стр. 52](#). *Когда Венера находится в своих узлах*. Он должен находиться на линии Ns n , где его орбита P N A n пересекает плоскость эклиптики E N en, рис. 12.

Примечание 133, [стр. 53](#). *Описанная линия и т. д.* Пусть E, рис. 33, будет землей, S - центром солнца, а V - планетой Венера. Реальный транзит планеты, видимый из E центра земли, был бы в

направлении AB . Человек в точке W увидел бы, как он проходит над солнцем по линии va , а человек в точке O увидел бы, как он движется поперек него в направлении $v'a'$.

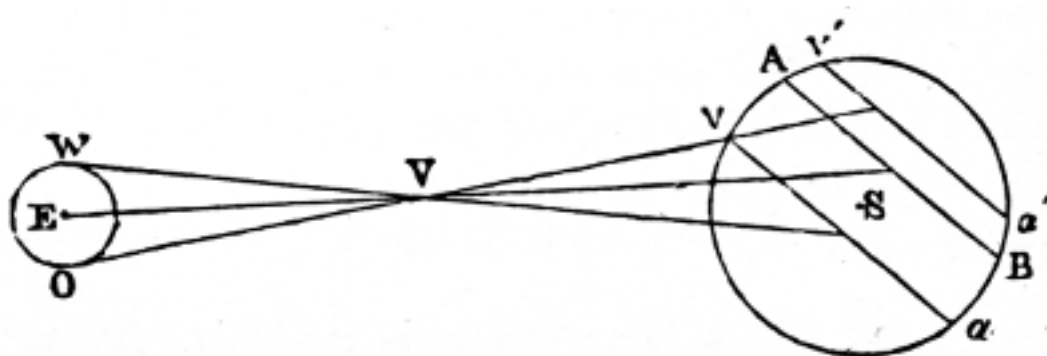


Рис. 33.

Примечание 134, [стр. 54](#). *Закон Кеплера*. Предположим, потребовалось бы определить расстояние Юпитера от солнца. Периодическое время Юпитера и Венеры определяется путем наблюдений, а среднее расстояние Венеры от центра солнца известно в милях или земных радиусах; следовательно, по правилу трех, квадратный корень из периодического времени Венеры равен квадратному корню из периодического времени Юпитера как кубический корень из среднего расстояния Венеры от солнца к кубическому корню из среднего расстояния Юпитера от солнца, который, таким образом, получается в милях или земных радиусах. Корень числа - это то число, которое, будучи однажды умноженным само на себя, дает свой квадрат; дважды умноженное само на себя, дает свой куб и т. Д. Например, дважды 2 равно 4, а дважды 4 равно 8; следовательно, 2 - это квадратный корень из 4 и кубический корень из 8. Таким же образом 3 умножить на 3 равно 9, а 3 умножить на 9 равно 27; следовательно, 3 - это квадратный корень из 9 и кубический корень из 27.

Примечание 135, [стр. 55](#). *Наоборот и т.д.* Количества вещества на любых двух первичных планетах больше пропорционально тому, что кубы чисел, представляющих средние расстояния до их спутников, больше, а также пропорционально тому, что квадраты их периодов времени меньше.

Примечание 136, [стр. 55](#). Поскольку вряд ли что-либо кажется более невозможным, чем то, что человек мог бы взвесить солнце как бы на весах, а землю - на весах, метод этого может представлять некоторый интерес. Притяжение солнца относится к притяжению земли, как количество вещества на солнце к количеству вещества на земле; и, поскольку сила этого взаимного притяжения измеряется его эффектами, пространство, через которое земля провалилась бы за секунду под действием притяжения солнца, относится к пространству, через которое солнце провалилось бы под действием притяжения земли, как масса солнца к массе земли. Следовательно, во столько раз, во сколько падение земли на солнце за секунду превышает падение солнца на землю за то же время, во столько раз масса солнца превышает массу земли. Таким образом, масса солнца будет известна, если длину этих двух промежутков можно найти в милях или частях мили. Нет ничего проще. Тяжелое тело падает с поверхности

Земли на расстояние 16 0697 футов в секунду под действием земного притяжения; и, поскольку сила тяжести обратно пропорциональна квадрату расстояния, ясно, что 16 0697 футов - это расстояние, на которое тело могло бы упасть на расстоянии солнца под действием земного притяжения, равное квадрату расстояния солнца от земли к квадрату расстояния центра Земли от ее поверхности; то есть, как квадрат 95 000 000 миль к квадрату 4000 миль. И таким образом, с помощью простого вопроса из правила трех, пространство, через которое солнце могло бы пройти за секунду под действием притяжения земли, может быть найдено в частях мили. Пространство, через которое земля провалилась бы за секунду под действием притяжения солнца, теперь также должно быть измерено в милях. Предположим, что mn , рис. 4, представляет собой дугу, которую земля описывает вокруг солнца за секунду S за счет совместного действия солнца и центробежной силы. Только благодаря центробежной силе земля переместилась бы из m в T за секунду, и только благодаря притяжению солнца она упала бы через Tn за то же время. Следовательно, длина Tn в милях - это пространство, через которое земля провалилась бы за секунду под действием притяжения солнца. Теперь, поскольку орбита Земли очень близка к окружности, если разделить 360 градусов на количество секунд в звездном году, равном $365\frac{1}{4}$ дней, это даст mn , дугу, по которой земля проходит за секунду, и тогда таблицы дадут длину линии St в цифрах, соответствующих этому углу; но, поскольку радиус Sn в таблицах предполагается равным единице, если вычесть 1 из числа, представляющего St , получится длина Tn ; и, если умножить на 95 000 000, если перевести это в мили, пространство, через которое земля проходит под действием притяжения солнца, будет выражено в милях. С помощью этого простого процесса было обнаружено, что, если бы солнце поместили на одну чашу весов, потребовалось бы 354 936 единиц земли, чтобы сформировать противовес.

Примечание 137, [стр. 59](#). Сумма наибольшего и наименьшего расстояний SP , SA , рис. 12, равна Ra , главной оси; а их разность равна удвоенной эксцентриситету CS . Долгота $\angle SP$ планеты, находящейся в точке P , на наименьшем расстоянии от солнца, равна долготе перигелия. Наибольшая высота планеты над плоскостью эклиптики En $e n$, is equal to the inclination of the orbit $PNA n$, к этой плоскости. Долгота планеты, находящейся в плоскости эклиптики, может быть долготой только одной из точек N или n ; и когда известна одна из этих точек, указывается другая, удаленная от нее на 180° . Наконец, время, включенное между двумя последовательными прохождением планеты через один и тот же узел N или n , является ее периодическим временем с учетом уменьшения узла в интервале.

Примечание 138, [стр. 60](#). Предположим, что потребовалось найти положение точки в пространстве, например планеты, и что одно наблюдение помещает ее в n , рис. 34, другое наблюдение помещает ее в n' , другое в n'' и так далее; все точки n, n', n'', n''' и т. Д. Находятся очень близко друг к другу. Истинное положение планеты P не будет сильно отличаться от любого из этих положений. Из этого взгляда на предмет очевидно, что Pn, Pn', Pn'' и т. Д. Являются ошибками наблюдения. Истинное положение планеты P определяется таким свойством, что квадраты чисел, представляющих прямые Pn, Pn' и с., при сложении вместе, являются наименьшими из возможных. Каждая линия Pn, Pn' и т. Д., Являясь полной ошибкой в расположении планеты, составлена из ошибок всех элементов; и, если сравнить с ошибками, полученными из теории, это дает возможность найти каждый из них. Принцип наименьших квадратов имеет очень общее применение; его демонстрация не может найти здесь места; но читателя отсылают к "Астрономии" Био, том ii, стр. 203.

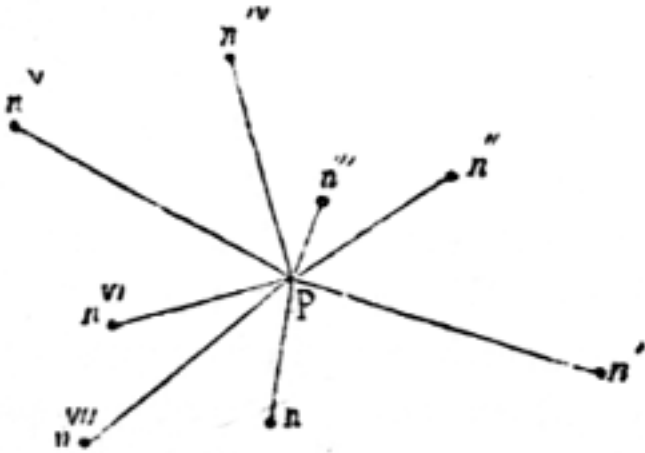


Рис. 34.

Примечание 139, [стр. 61](#). Истинная долгота Урана была выше, чем в таблицах, приведенных до 1795 года, и продолжала увеличиваться до 1822 года, после чего она быстро уменьшалась до 1830-1, когда наблюдаемые и рассчитанные долготы совпали, но затем планета отстала от расчетного местоположения так быстро, что стало ясно, что таблицы больше не могут отражать ее движение.

Примечание 140, [стр. 65](#). *Ось, которая и т. Д.* Рис. 20 представляет Землю, вращающуюся по своей орбите вокруг Солнца по оси S, при этом ось вращения P p везде параллельна самой себе.

Примечание 141, [стр. 65](#). *Относительно равномерные угловые скорости.* Земля и планеты вращаются вокруг своей оси с равномерным движением, которое никогда не бывает ни быстрее, ни медленнее. Например, продолжительность рабочего дня никогда не бывает ни больше, ни меньше двадцати четырех часов.

Примечание 142, [стр. 68](#). Если рис. 1 будь это Луна, ее полярный диаметр Ns самый короткий; и из тех, что находятся в плоскости экватора, Q E q, та, что указывает на землю, больше всех остальных.

Примечание 143, [стр. 73](#). *Обратно пропорционально и т.д.* То есть общее количество солнечной радиации становится меньше по мере увеличения малой оси C C' , рис. 20, земной орбиты.

Примечание 144, [стр. 75](#). На рис. 35 показано положение видимой орбиты Солнца в том виде, в каком оно есть в настоящее время, при этом Земля находится в точке E. Солнце находится ближе к земле при движении через $\Delta\Gamma$ Υ чем при движении через ΥB Δ но ее движения через Δ П Υ является более быстрым, чем его движения через ΥB Δ и, как скорость движения и количество теплоты, полученное изменяться в той же пропорции, компенсации не происходит.

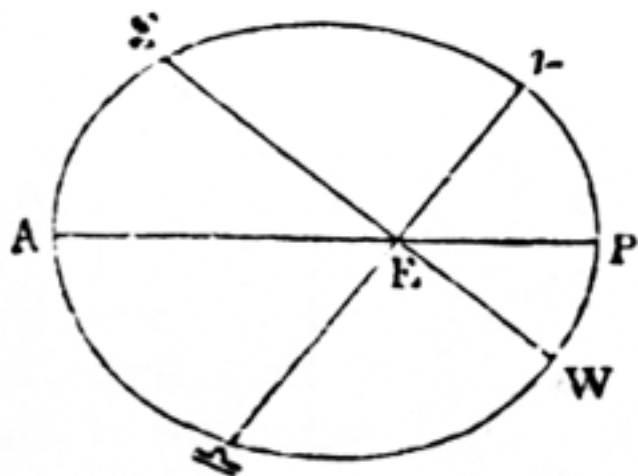


Рис. 35.

Примечание 145, стр. 76. В эллипсоиде вращения, рис. 1, полярный диаметр Ns и каждый диаметр на экваторе $q E Q$ являются постоянными осями вращения, но вращение было бы нестабильным относительно любой другой. Если бы земля начала вращаться вокруг $S a$, угловое расстояние от a до экватора в точке q уже не составляло бы девяносто градусов, что было бы немедленно обнаружено по вызванному этим изменению широт.

Примечание 146, стр. 50, 80. Пусть $q \vee Q$ и $E \underline{e}$, рис. 11, будут плоскостями экватора и эклиптики. Разделяющий их угол $e \vee Q$, называемый наклоном эклиптики, изменяется вследствие воздействия солнца и Луны на выпуклую материю на экваторе Земли. Это действие приносит точки $M K E$, и стремится сделать самолет $M \vee$ вопрос совпадает с эклиптикой $e \vee e$, что вызывает точек равноденствия $\vee i$ двигаться медленно назад на самолете $e \vee e$, по курсу $50'' \cdot 41$ год. Эта часть движения, которая зависит от формы земли, называется лунно-солнечной прецессией. Другая часть, совершенно независимая от формы земли, возникает в результате взаимного действия земли, планет и солнца, которое, изменяя положение плоскости эклиптики $e E E$, приводит к тому, что точки равноденствия $\vee i$ перемещаются со скоростью $'' \cdot 31$ в год; но, поскольку это движение намного меньше первого, точки равноденствия удаляются в плоскости эклиптики со скоростью $50'' \cdot 1$ в год. Это движение называется прецессией равноденствий.

Примечание 147, стр. 81. Пусть $q \vee Q$, $e \vee E$, рис. 36, будут плоскостями равноденственного или небесного экватора и эклиптики, а p, P - их полюсами. Затем предположим, что p , полюс экватора, совершает дрожащий или волнообразный оборот по малому эллипсу $p c d b$ примерно за 19 лет, причем оба движения очень малы, в то время как точка a вращается по окружности $a A B$ за 25 868 лет. Дрожащее движение может представлять полугодовое изменение, движение по эллипсу дает представление о нутации, открытой Брэдли, а движение по кругу $a A b$ возникает из-за прецессии равноденствий. Большая ось pd малого эллипса равна $18'' \cdot 5$, его малая ось bc равна $13'' \cdot 74$. Эти движения настолько малы, что они оказывают очень незначительное влияние на параллельность оси вращения Земли во время ее обращения вокруг Солнца, как показано на рис. 20. Поскольку звезды неподвижны, это реальное движение полюса земли должно вызывать видимое изменение их положения.

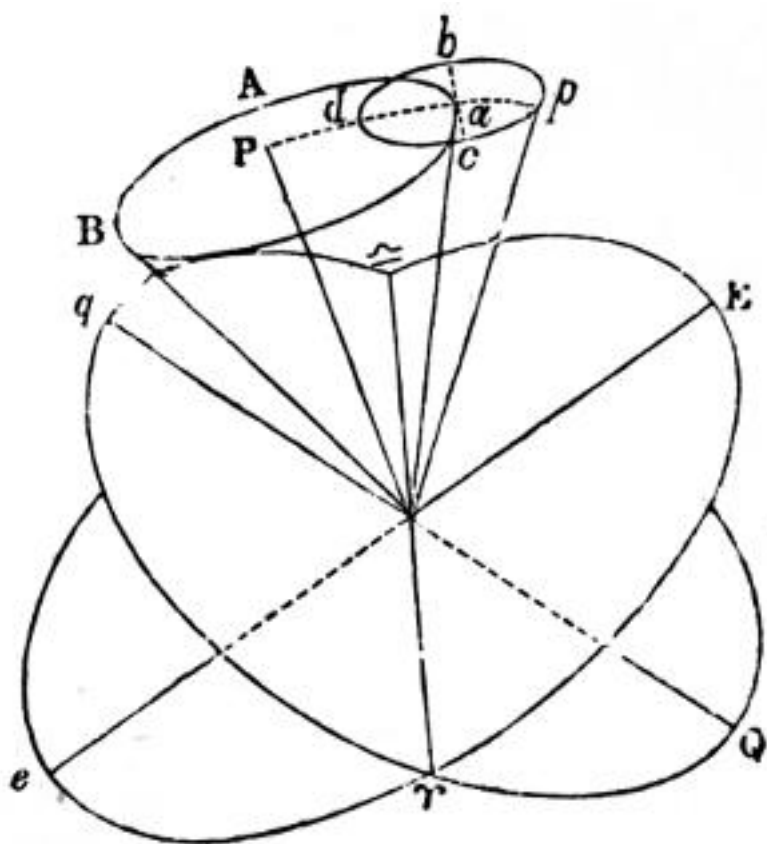
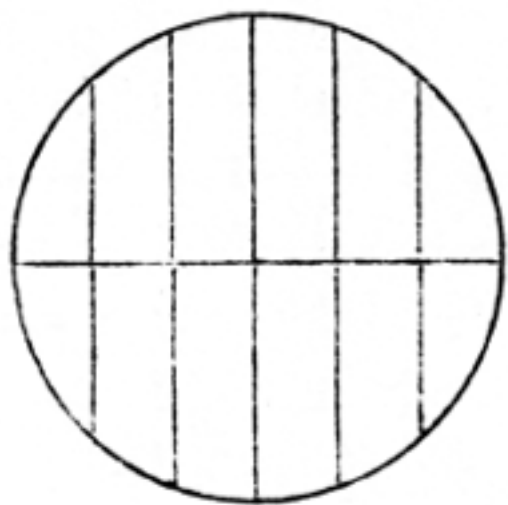


Рис. 36.



Примечание 148, [стр. 83](#). С помощью транзитного прибора, представляющего собой телескоп, установленный таким образом, что он вращается только в плоскости меридиана, можно определить момент прохождения небесного тела через меридиан. Прохождение главных звезд используется для определения времени, или, что то же самое, величины погрешности часов. Система равноудаленных проволок, как показано на рисунке, помещается в фокус окуляра так, чтобы средняя проволока была перпендикулярна и находилась под прямым углом к оси телескопа. Следовательно, он представляет собой часть небесного меридиана; и когда видно,

что звезда пересекает этот провод, она затем пересекает небесный меридиан места наблюдения. Когда часы отбивают секунды, находясь под рукой, обязанность наблюдателя состоит в том, чтобы засечь точную секунду и долю секунды, с которой звезда последовательно пересекает каждый провод в результате вращения земли. Тогда среднее значение всех этих наблюдений даст время, в которое звезда пересекает небесный меридиан места наблюдения, с точностью до десятой доли секунды, при условии, что наблюдения точны. Теперь случается, что одновременное воздействие на глаз и ухо разными наблюдателями оценивается по-разному, так что один человек заметит, например, прохождение звезды как происходящее на долю секунды раньше или позже, чем другой человек; и поскольку это имеет место в каждом наблюдении, которое он делает, это называется его *личным уравнением*, то есть это поправка, которая должна применяться ко всем наблюдениям индивидуума, и это любопытный пример индивидуальности. Например, М. Отто Струве отмечает каждое наблюдение на $11''$ слишком рано, М. Петерс на $13''$ слишком поздно; М. Струве отмечает каждое наблюдение на секунду позже М. Бесселя, а М. Аргеландер оценивает прохождение звезды на $1'' \cdot 2$ позже М. Бесселя. Все эти джентльмены были или остаются первоклассными наблюдателями; и когда известно личное уравнение, легко скорректировать наблюдения. Однако, чтобы избежать этого неудобства, мистер Бонд внедрил в Обсерватории Кембриджа в Соединенных Штатах метод, в котором осязание сочетается со зрением, а не со слухом, который сейчас используется также в Гринвиче. Наблюдатель в момент наблюдения нажимает пальцами на устройство, которое с помощью гальванической батареи передает впечатление туда, где измеряется и отмечается время, так что наблюдение сразу же фиксируется и исключается личное уравнение.

Примечание 149, [стр. 84](#). Пусть N будет полюсом, рис. 11, e E - эклиптической, а Q q - экватором. Тогда, поскольку N n t S является меридианом и находится под прямым углом к экватору, дуга $\overset{\frown}{m}$ меньше дуги $\overset{\frown}{n}$.

Примечание 150, [стр. 85](#). *Гелиакический восход Сириуса*. Когда звезда появляется утром, на горизонте, незадолго до восхода солнца.

Примечание 151, [стр. 87](#). Пусть P $\overset{\frown}{A}$ рис. 35 , - видимая орбита или путь солнца, при этом Земля находится в точке E . Его главная ось, A P , в настоящее время расположена так, как показано на рисунке, где солнечный перигей P находится между зимним солнцестоянием и весенним равноденствием. Таким образом, время прохождения солнцем дуги $\overset{\frown}{A}$ больше , чем время, необходимое ему для прохождения дуги ар $\overset{\frown}{B}$ Большая ось A P совпадала с ар $\overset{\frown}{B}$ линией равноденствий, за 4000 лет до христианской эры; в то время P находилось в точке $\overset{\frown}{B}$ В 6468 году христианской эры перигей P будет совпадать с ар $\overset{\frown}{B}$ В 1234 году нашей эры большая ось была перпендикулярна $\overset{\frown}{B}$ и тогда P приходилось на день зимнего солнцестояния.

Примечание 152, [стр. 88](#). *В дни солнцестояния и т. д.* Поскольку склонение небесного объекта определяется его угловым расстоянием от точки равноденствия, склонение солнца в день солнцестояния равно дуге Q e , рис. 11, которая измеряет наклон эклиптики, или угловое расстояние плоскости $\overset{\frown}{e}$ от плоскости $\overset{\frown}{Q}$ ар

Примечание 153, [стр. 88](#). *Зенитное расстояние* - это угловое расстояние небесного объекта от точки непосредственно над головой наблюдателя.

Примечание 154, [стр. 89](#). *Снижен до уровня моря*. Сила притяжения уменьшается по мере увеличения квадрата высоты над поверхностью земли, так что на возвышенности маятник

вибрирует медленнее; и, чтобы иметь стандарт, независимый от местных условий, необходимо уменьшить его до длины, которая точно составляла бы 86 400 колебаний в средний солнечный день на уровне моря.

Примечание 155, [стр. 90](#). *Квадрант меридиана* - это четвертая часть меридиана или дуга меридиана, содержащая 90° , обозначаемая как Nq , рис. 11.

Примечание 156, [стр. 93](#). *Юг Луны*. Время, когда луна находится на меридиане любого места, что происходит примерно на сорок восемь минут позже каждый день.

Примечание 157, [стр. 96](#). *Угловая скорость вращения Земли* составляет 180° за двенадцать часов, что соответствует времени, включенному между прохождением Луны по верхнему и нижнему меридиану.

Примечание 158, [стр. 96](#). Если S - земля, рис. 14, d - солнце, а $C Q O D$ - орбита луны, то C и O - сизигии. В новолуние луна находится на отметке C , а в полнолуние - на отметке O ; и, поскольку и солнце, и луна находятся тогда на одном меридиане, это вызывает весенние приливы: в местах под отметками C и O вода высокая, а в местах под отметками Q и D . Приливы случаются, когда луна находится в квадратуре Q или D , поскольку тогда она удалена от солнца на угол $d C Q$ или $d C D$, каждый из которых равен 90° .

Примечание 159, [стр. 97](#). *Склонение*. Если земля находится в точке C , рис. 11, и если $q \cap Q$ - точка равноденствия, а $N m$ - меридиан, то $m C n$ - это склонение тела в точке n . Следовательно, косинус этого угла равен косинусу склонения.

Примечание 160, [стр. 99](#), [131](#). На рис. 37 показано распространение волн из двух точек C и C' , куда, как предполагается, упали камни. Те точки, в которых волны пересекаются друг с другом, являются местами, где они противодействуют воздействию друг друга, так что вода там гладкая, в то время как в промежуточных пространствах она взбаламучена.

Примечание 161, [стр. 100](#). *Центробежная сила может и т.д.* Центробежная сила действует в направлении, перпендикулярном Ns , оси вращения, рис. 30. Его действие эквивалентно двум силам, одна из которых направлена в направлении bm , $m n$ of the earth, and diminishes the force of gravity at m , равном. Другой действует в направлении касательной $m T$, что заставляет частицы жидкости стремиться к экватору.

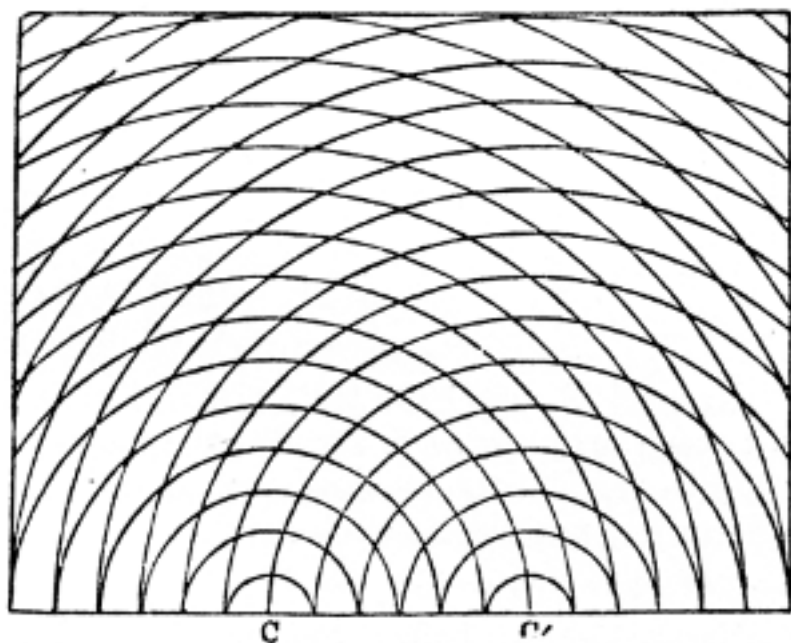


Рис. 37.

Примечание 162, [стр. 106](#). Аналитическая формула или выражение. Комбинация символов или знаков, выражающих или представляющих серию вычислений и включающих каждый конкретный случай, который может вытекать из общего закона.

Примечание 163, [стр. 106](#). Рис. 38 представляет собой совершенный октаэдр. Иногда его углы, А, Х, а, а и т.д., усекаются или обрезаются. Иногда у ломтика обрезают края А а, Х а, а а, и с. Иногда имеют место обе эти модификации.

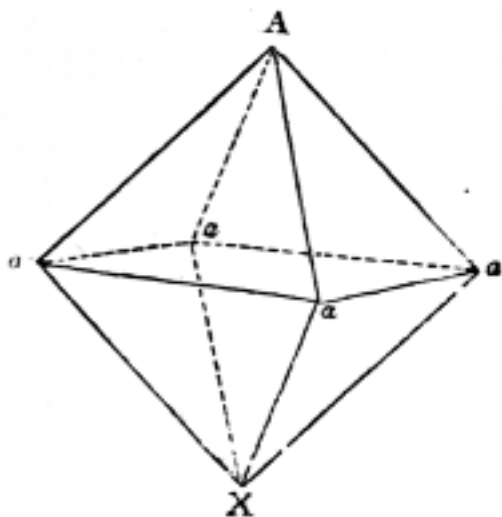


Рис. 38.

Примечание 164, [стр. 107](#). Призматические кристаллы сульфата никеля чем-то похожи на рис. 62, только они тонкие, как волос.

Примечание 165, [стр. 108](#). *Цинк*, металл, встречающийся либо в виде руды, либо в смеси с другими металлами. Он используется при изготовлении латуни.

Примечание 166, [стр. 108](#). *Куб* - это твердое тело, состоящее из шести плоских квадратных поверхностей, как показано на рис. 39.

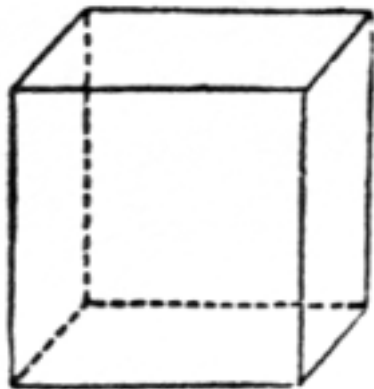


Рис. 39.

Примечание 167, [стр. 108](#). *Тетраэдр* представляет собой твердое тело, состоящее из четырех треугольных поверхностей, как показано на рис. 40: этого твердого вещества существует множество разновидностей.

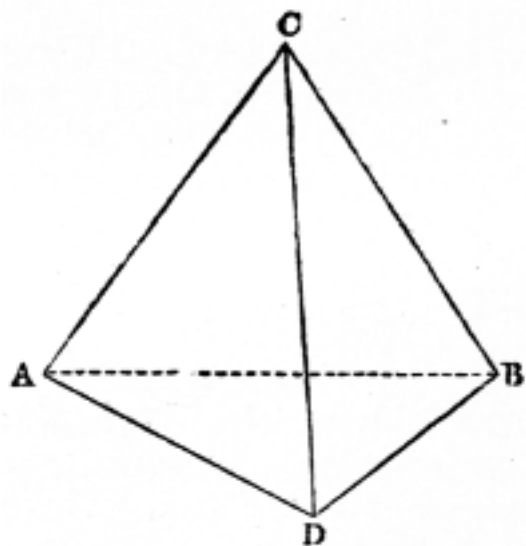


Рис. 40.

Примечание 168, [стр. 108](#). Существует множество разновидностей октаэдра. В том, что упоминается в тексте, основание $a a a a$, рис. 38, представляет собой квадрат, но основанием может быть ромб; это твердое тело также может быть вытянуто в направлении своей оси $A X$ или может быть вдавлено.

Примечание 169, [стр. 109](#), [192](#), [273](#). *Ромбоэдр* - это твердое тело, состоящее из шести плоских поверхностей, как показано на рис. 63, причем противоположные плоскости равны, а похожие ромбы параллельны друг другу; но все плоскости не обязательно равны или подобны, равно как

и его углы не являются прямыми. В карбонатной извести угол $\angle C A B$ равен $105^{\circ}55'$, а угол $\angle B$ или $\angle C$ равен $75^{\circ}05'$.

Примечание 170, [стр. 109](#). *Сублимация*. Тела превращаются в пар, который снова конденсируется в твердое состояние.

Примечание 171, [стр. 112](#). *Платина*. Самый тяжелый из металлов; его цвет находится между серебром и свинцом.

Примечание 172, [стр. 113](#). Поверхность столба воды или винного спирта в капиллярной трубке полая, а поверхность столба ртути выпуклая или округлая, как показано на рис. 41.

Примечание 173, [стр. 113](#). *Обратное соотношение и т.д.* Высота подъема жидкости увеличивается пропорционально тому, что внутренний диаметр трубки меньше.

Примечание 174, [стр. 114](#). На рис. 41 линия с d показывает направление результирующей силы в двух случаях.

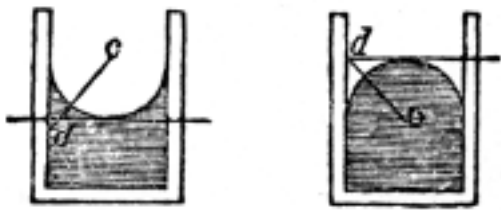


Рис. 41.

Примечание 175, [стр. 115](#). Когда две стеклянные пластины подносят близко друг к другу в воде, жидкость поднимается между ними; и если пластины соприкасаются одним из своих вертикальных краев, контур воды приобретает форму гиперболы.

Примечание 176, [стр. 115](#). Пусть $A a'$, рис. 42, представляет собой две пластины, обе влажные, а $B b'$ две сухие. При частичном погружении в жидкость ее поверхность будет изогнута близко к ним, но на оставшемся расстоянии останется на своем обычном уровне. На таком расстоянии они не будут ни притягивать, ни отталкивать друг друга. Но как только они приблизятся настолько, что вся поверхность жидкости между ними изогнется, как в $a a'$, $b b'$, они устремятся друг к другу. Если один из них мокрый, а другой сухой, как $C c'$, они будут отталкиваться друг от друга на определенном расстоянии; но как только их поднесут совсем близко, они бросятся друг на друга, как в первых случаях.

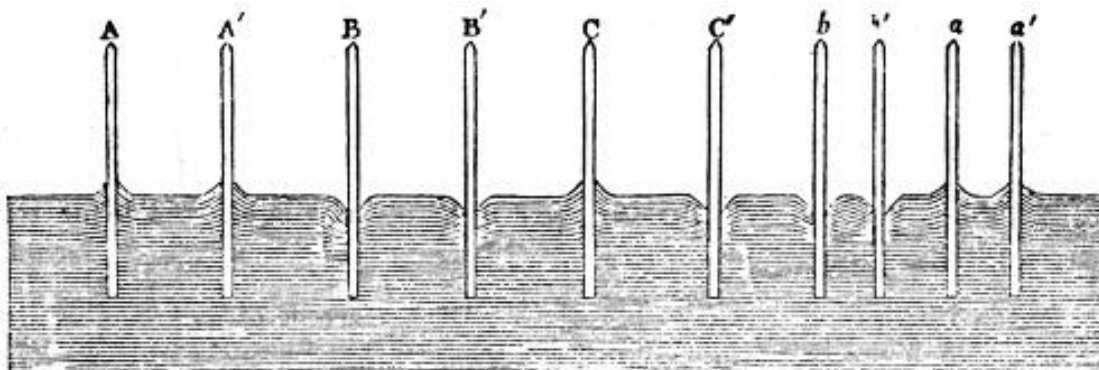


Рис. 42.

Примечание 177, [стр. 123](#). В статье об атмосферных изменениях, вызывающих дождь и ветер, написанной эсквайром Томасом Хопкинсом в журнале *Geographic Journal*, показано, что, когда пар конденсируется и выпадает с дождем, образуется частичный вакуум, и более тяжелый воздух вдавливается внутрь в виде потока ветра. Таким образом, вакуум, возникающий из-за большого количества осадков в тропиках, заставляет полярные ветры опускаться из верхних слоев атмосферы и дуть вдоль поверхности к экватору в виде пассатов, заменяя горячие течения, которые постоянно поднимают их в более высокие области. Это обстоятельство устраняет единственную трудность в теории ветров лейтенанта Мори.

Примечание 178, [стр. 134](#). *Скрытое или поглощенное тепло*. Во всех телах имеется определенное количество тепла, которое не может быть обнаружено термометром, но которое может стать ощутимым при сжатии.

Примечание 179, [стр. 137](#). *Отраженные волны*. Серия волн света, звука или воды расходится во всех направлениях от своего источника I, рис. 43, как от центра. Когда они встречаются с препятствием Ss, они ударяются о него и отражаются или отбрасываются назад в той же форме, как если бы они исходили из центра C, на равном расстоянии от другой стороны поверхности Ss.

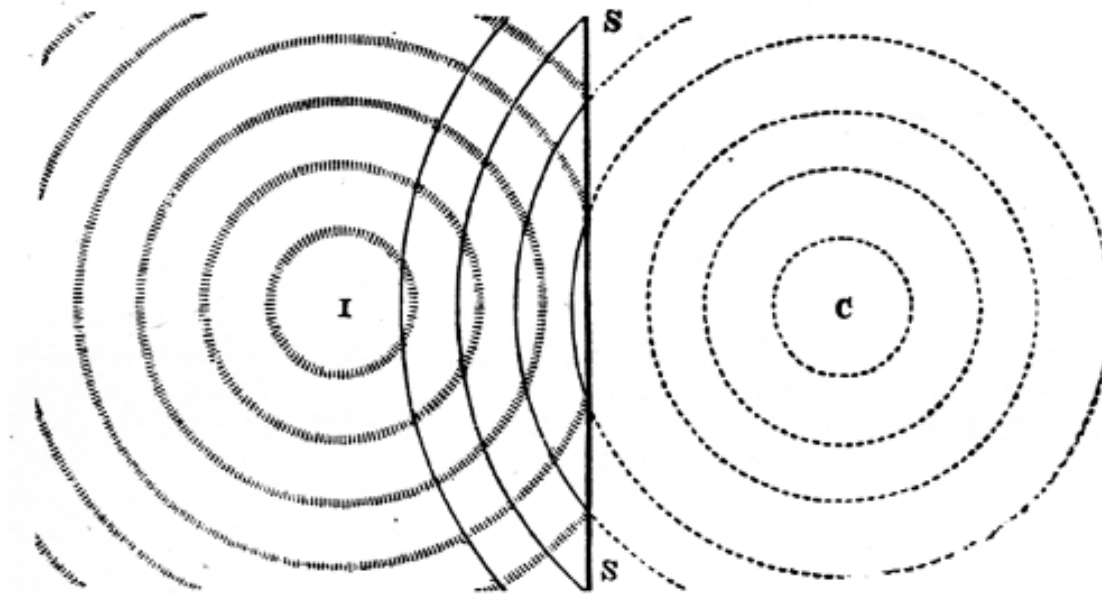


Рис. 43.

Примечание 180, [стр. 138](#). *Эллиптическая оболочка*. Если рис. 6 будет сечением эллиптической оболочки, тогда все звуки, исходящие из фокуса S в разные точки поверхности, как *m*, отражаются обратно в F, потому что угол $T m S$ равен $t m F$. В сферической полый оболочке звук, расходящийся от центра, снова отражается обратно в центр.

Примечание 181, [стр. 142](#). На рис. 44 представлены музыкальные струны в состоянии вибрации; прямые линии - струны в состоянии покоя. Первая цифра из четырех придала бы фундаментальную ноту, как, например, низкий уровень C. Вторая и третья цифры обозначают

первую и вторую гармоники; то есть октаву и 12-ю выше C , $n n n$ являющиеся точками покоя; четвертая цифра показывает реальное движение при сложении всех трех.

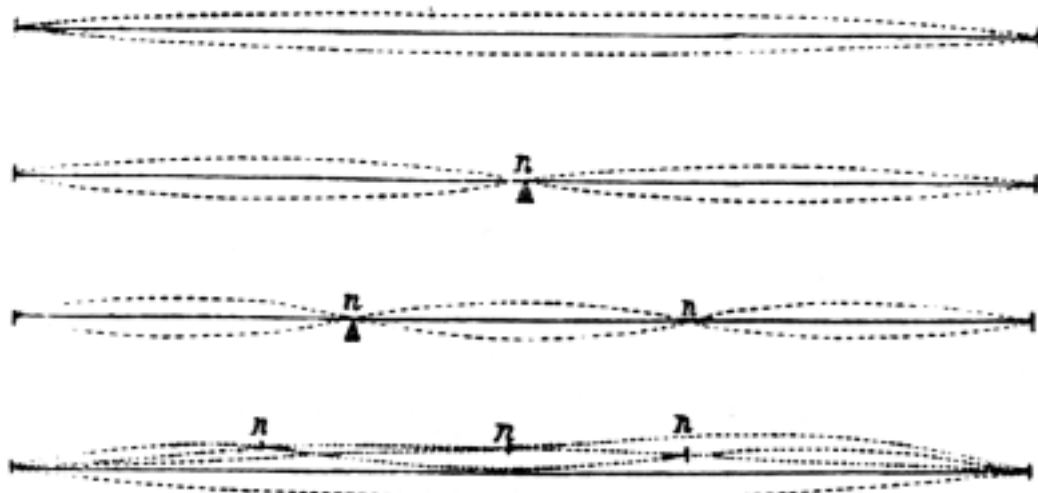


Рис. 44.

Примечание 182, [стр. 143](#). На рис. 45 представлены участки открытой и закрытой трубы, а также трубы, открытой с одного конца. При звуке воздух самопроизвольно делится на сегменты. Он остается в состоянии покоя в делениях или узлах $n n'$ и т.д., но вибрирует между ними в направлении, указанном стрелками. Колебания всего столба воздуха задают основную ноту, в то время как колебания отделов задают гармоники.

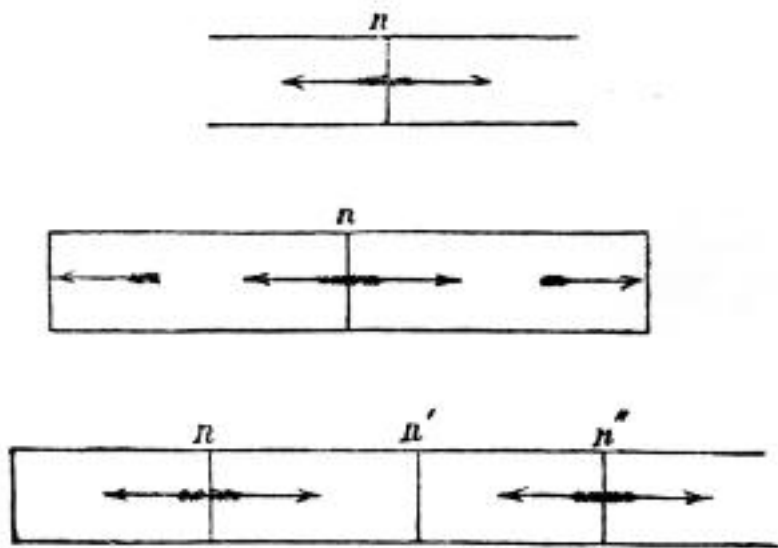


Рис. 45.

Примечание 183, [стр. 144](#). На рис. 1, [таблица 1](#), показана вибрирующая поверхность, когда песок делит ее на квадраты, а на рис. 2 представляет то же самое, когда узловые линии делят его на треугольники. Участки, помеченные как $a a$, находятся в состоянии вибрации, отличном от участков, помеченных как $b b$.

Примечание 184, [стр. 145](#). Листы 1 и 2 содержат несколько рисунков Хладни. Белые линии - это формы, которые принимает песок в результате различных режимов вибрации, соответствующих музыкальным нотам разной степени высоты. [Таблица 3](#) содержит шесть круглых фигур Хладни.

Примечание 185, [стр. 145](#). Принцип мистера Уитстоуна заключается в том, что при колебаниях, создающих формы фиг. 1 и 2, [пластина 3](#), объединены на одной поверхности, благодаря им песок приобретает форму, показанную на фиг. 3. Таким же образом, вибрации, которые по отдельности заставили бы песок принимать форму, показанную на рис. 4 и 5, при объединении придали бы ему форму, показанную на рис. 6. Рисунок 9 является результатом комбинирования режимов вибрации 7 и 8. Детали, помеченные как *a a*, находятся в состоянии вибрации, отличном от тех, что помечены как *b b*. Рис. 1, 2 и 3, [таблица 4](#), представляют формы, которые песок принимает в результате простых режимов вибрации; 4 и 5 - формы, возникающие в результате двух комбинированных режимов вибрации; а последние шесть фигур возникают в результате четырех наложенных друг на друга простых режимов вибрации. Эти сложные цифры определяются вычислением, независимым от эксперимента.

Примечание 186, [стр. 146](#). Длинные поперечные линии на рис. 46 показаны две системы узловых линий, заданные ламинами М. Савара.

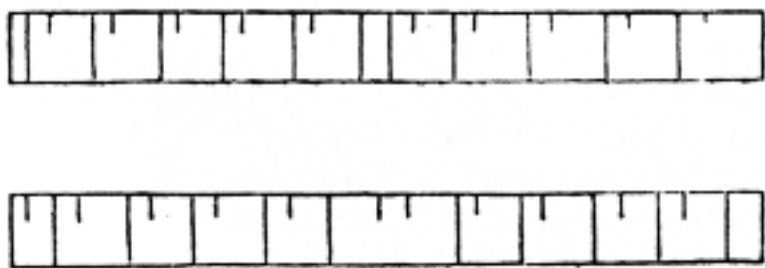


Рис. 46.

Примечание 187, [стр. 146](#). Короткие строки на рис. 46 показаны положения узловых линий на других сторонах того же листа.

Примечание 188, [стр. 146](#). На рис. 47 показаны узловые линии цилиндра с бумажными кольцами, отмечающими точки покоя.

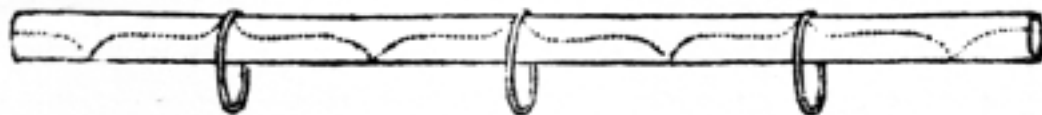


Рис. 47.

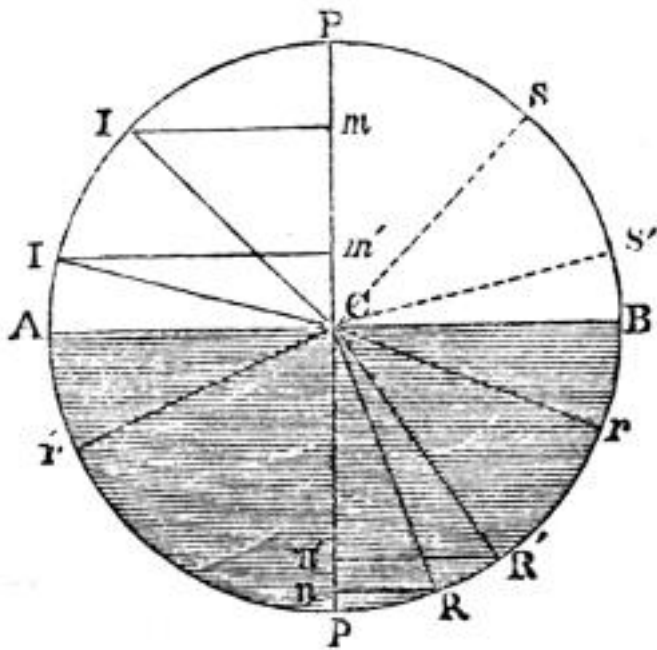


Рис. 48.

Примечание 189, стр. 138, 153, 156. *Отражение и преломление.* Пусть точка P C p , рис. 48, перпендикулярна поверхности стекла или воды AB . Когда луч света, проходя через воздух, падает на эту поверхность в любом направлении Ic , часть его отражается в направлении Cs , а другая часть изгибается в точке C и проходит через стекло или воду в направлении Cr . Ic называется падающим лучом, а IcP - углом падения; Cs - отраженный луч, а PcS - угол отражения; Cr - преломленный луч, а pCr - угол преломления. Плоскость, проходящая через Sc и Ic , является плоскостью отражения, а плоскость, проходящая через Ic и Cr , является плоскостью преломления. В обычных случаях Ci , Cs , Cr находятся в одной плоскости. Мы видим поверхность с помощью отраженного света, который в противном случае был бы невидим. Какой бы ни была отражающая поверхность и как бы наклонно на нее ни падал свет, угол отражения всегда равен углу падения. Таким образом, Ic , i' C , будучи лучами, падающими на поверхность в точке C , они будут отражаться в Cs , Cs' , так что угол ScP будет равен углу IcP , а $S'CP$ равен $I'CP$. Это никоим образом не относится к преломленным лучам. Падающие лучи Ic , $I'c$ изгибаются под углом C к перпендикуляру, в направлении Cr , Cr' ; и закон преломления таков, что синус угла падения имеет постоянное отношение к синусу угла преломления; то есть число, выражающее длину Im , синус IcP , деленный на число, выражающее длину Rn , синус Rcp , является одинаковым для всех лучей света, которые могут падать на поверхность любого вещества, и равен нулю....., и равен нулю, выражающему длину R называется его показателем преломления. Хотя показатель преломления одинаков для любого вещества, он не одинаков для всех веществ. Для воды он равен $1 \cdot 336$; для корончатого стекла - $1 \cdot 535$; для кремневого стекла - $1 \cdot 6$; для алмаза - $2 \cdot 487$; а для хромата свинца - 3 , и это вещество обладает более высокой преломляющей способностью, чем любое другое известное. Свет, падающий перпендикулярно на поверхность, проходит сквозь нее, не преломляясь. Если теперь предположить, что свет переходит из плотной среды в разреженную, как из стекла или воды в воздух, то Rc , $R'c$ становятся падающими лучами; и в этом случае преломленные лучи, Ci , Ci' , отклоняются от перпендикуляра, а не к нему. При очень наклонном падении, таком как rC , свет вообще не

проходит в воздух, но он *полностью* отражается в направлении $C r'$, так что угол $p C r$ равен $p C r'$; это часто происходит на второй поверхности стекла. Когда луч Ic падает с воздуха на кусок стекла Ab , он, как правило, преломляется на каждой поверхности. В точке C он изгибается к перпендикуляр, а в точке R - от него, и луч выходит параллельно Ic ; но когда луч сильно наклонен ко второй поверхности, он полностью отражается. Объект, видимый при полном отражении, почти такой же яркий, как при прямом зрении, потому что никакая часть света не преломляется. Когда свет падает на пластину из корончатого стекла под углом $4^\circ 32'$, считая от поверхности, стекло отражает в 4 раза больше света, чем пропускает. Под углом $7^\circ 1'$ отраженный свет двойник передаются; под углом $11^\circ 8'$ отраженного света равна которые передаются; в $17^\circ 17'$ отраженного является равным $\frac{1}{2}$ пропускающая свет; при $26^\circ 38'$ он равен $\frac{1}{4}$, вариации, по словам Араго, а квадрат Косинуса.

Примечание 189, [стр. 154](#). *Атмосферная рефракция*. Пусть $a b$, $a b$ и с., рис. 49, представляют собой слои или чрезвычайно тонкие слои атмосферы, плотность которых увеличивается по направлению к mn , поверхности Земли. Луч, исходящий от звезды, встречающийся с поверхностью атмосферы в точке S , будет преломляться на поверхности каждого слоя и, следовательно, будет двигаться по изогнутой линии $S v v v A$; и поскольку объект виден в направлении луча, встречающегося с глазом, звезда, которая на самом деле находится в направлении $A S$, будет казаться человеку в точке A находящейся в s . Таким образом, это преломление, которое всегда действует в вертикальном направлении, поднимает объекты выше их истинного места. По этой причине тело на S' , ниже горизонта $H A o$, было бы поднято и было бы видно в s' . Солнце часто видно по преломлению после его захода или до восхода. В зените в точке Z преломления нет. Она увеличивается вплоть до горизонта, где она наибольшая, причем изменение пропорционально касательной к углам $Z A S$, $Z A S'$, расстояниям тел $S s'$ от зенита. Чем более наклонно падают лучи, тем больше преломление.

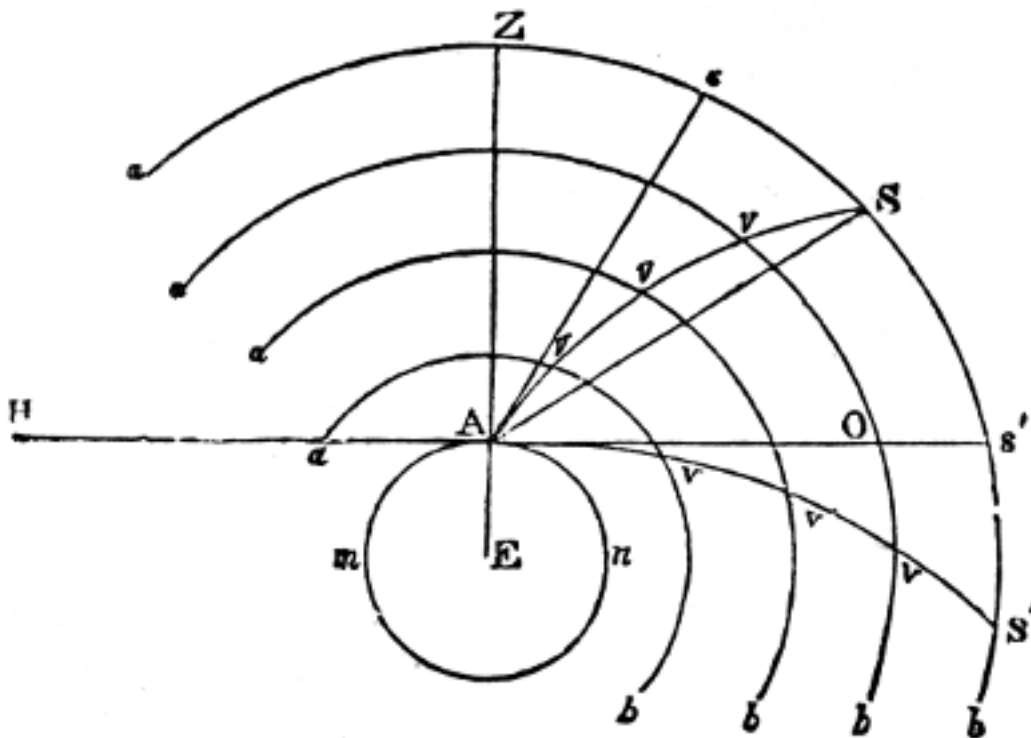


Рис. 49.

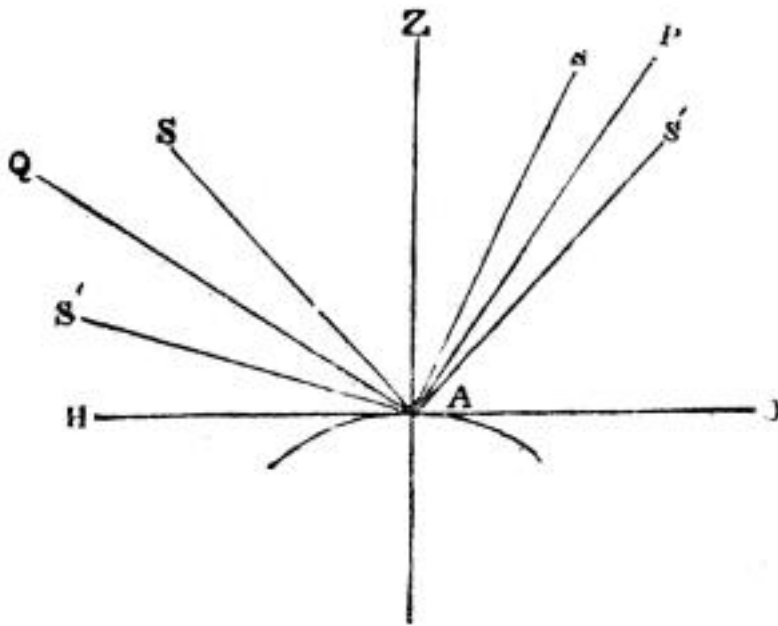


Рис. 50.

Примечание 190, [стр. 154](#). Метод Брэдли для определения величины рефракции. Пусть Z, рис. 50, - зенит или точка непосредственно над наблюдателем в точке A; пусть H - его горизонт, а P - полюс равноденствия A Q. Следовательно, P A Q - прямой угол. Звезда, находящаяся настолько близко к полюсу, насколько s, казалось бы, вращается вокруг него вследствие вращения Земли. Например, в полдень он будет находиться на s над полюсом, а в полночь - на s' под ним. Сумма истинных зенитных расстояний, $Za s$, $Za s'$, равна удвоенному углу Zap. Опять же, S и S' представляют собой солнце на его наибольших расстояниях от точки равноденствия Aq, когда в дни солнцестояний сумма его истинных зенитных расстояний, Zas , $Zass'$, равна удвоенному углу Zaq. Следовательно, четыре истинных зенитных расстояния, если сложить их вместе, равны удвоенному прямому углу Qap; то есть они равны 180° . Но наблюдаемые или кажущиеся зенитные расстояния меньше истинных из-за преломления; следовательно, сумма четырех кажущихся зенитных расстояний меньше 180° на всю сумму четырех преломлений.

Примечание 191, [стр. 155](#). Земная рефракция. Пусть C, рис. 51, - центр земли, A - наблюдатель на ее поверхности, A - его горизонт, и B - какая-то отдаленная точка, например, вершина холма. Пусть дуга Ba - путь луча, идущего от B к A; Eb, Ea - касательные к его концам; и Ag, Bf, перпендикулярные C B. Каким бы высоким ни был холм B, он ничто по сравнению с Ca, радиусом земли; следовательно, A B так мало отличается от A D, что углы A Eb и A Cb дополняют друг друга; то есть два вместе взятых равны 180° . A C B называется горизонтальным углом. Теперь Ba H - это реальная высота B, а Ea H - ее кажущаяся высота; следовательно, преломление поднимает объект B на угол Ea B выше его реального положения. Опять же, реальное углубление A, если смотреть со стороны B, равно Fba, тогда как его кажущееся углубление равно Fbe, так что Eb A обусловлено рефракцией. Угол Fba равен сумме углов Ba H и Aс B; то есть истинная высота равна истинному углублению и горизонтальному углу. Но истинное возвышение равно кажущемуся возвышению, уменьшенному из-за преломления; а истинное углубление равно кажущемуся углублению, увеличенному из-за преломления. Следовательно, удвоенное



1e4

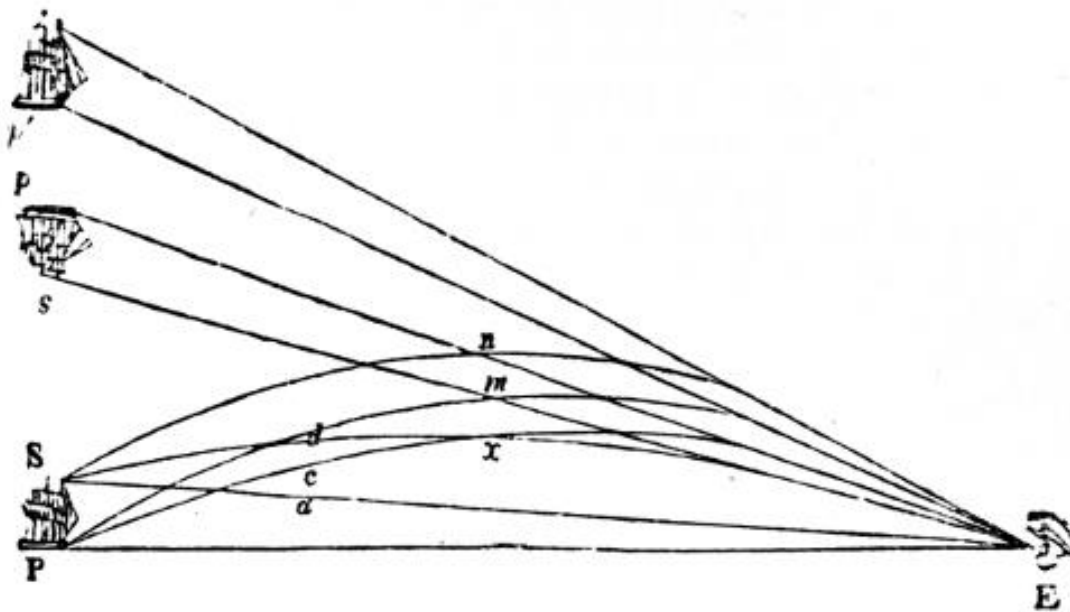


Рис. 52.

Примечание 193, [стр. 156](#). На рис. 53 представлено сечение кочерги с преломлением, создаваемым окружающим ее горячим воздухом.

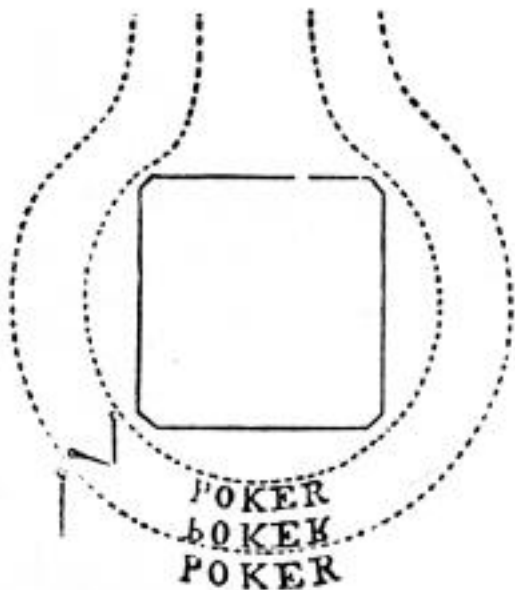


Рис. 53.

Примечание 194, [стр. 156](#). *Солнечный спектр*. Луч солнца в точке S, рис. 54, попадающий в темную комнату через маленькое круглое отверстие H в оконной ставне, проходит по прямой к экрану D, на котором образует яркое круглое пятно белого света, почти такого же диаметра, что и отверстие H. Но когда угол преломления В А С стеклянной призмы изменяется так, что солнечный луч падает на А С первую поверхность призмы и выходит из второй поверхности Ab под равными углами, это заставляет лучи отклоняться от прямого пути Sd и отклоняет их к экрану Mn, где они образуют цветное изображение солнца Vr той же ширины, что и диаметр отверстия

Н, но намного длиннее. Пространство VR состоит из семи цветов — фиолетового, индиго, синего, зеленого, желтого, оранжевого и красного. Фиолетовый и красный, являющиеся наиболее и наименее преломляемыми лучами, находятся на концах, а зеленый занимает среднюю часть в точке G . Угол DgG называется средним *отклонением*, а распространение окрашенных лучей на угол VgR - *дисперсией*. Отклонение и дисперсия зависят от угла преломления BAC призмы и от вещества, из которого она сделана.

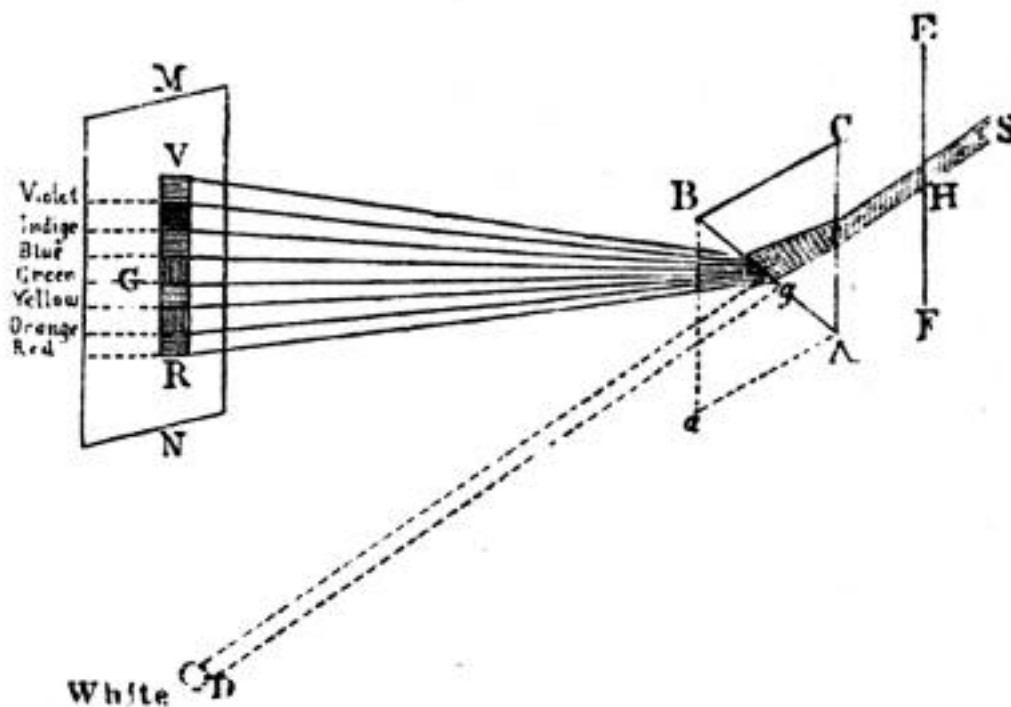


Рис. 54.

Примечание 195, стр. 159, 164. При тех же обстоятельствах и при равных углах преломления двух призм углы DgG и VgR , рис. 54, больше для кремневого стекла, чем для корончатого. Но, поскольку они изменяются в зависимости от угла наклона призмы, необходимо только увеличить угол преломления призмы из корончатого стекла на определенную величину, чтобы получить почти такое же отклонение и дисперсию, как у призмы из кремневого стекла. Следовательно, когда две призмы расположены с углами преломления в противоположных направлениях, как на рис. 54, они почти нейтрализуют эффекты друг друга и преломляют луч света, не разделяя его на элементарные цветные лучи. Сэр Дэвид Брюстер пришел к выводу, что с помощью двух призм или двух линз при правильной настройке может наблюдаться бесцветное преломление, даже если они сделаны из одного и того же вида стекла.

Примечание 196, стр. 165. Объективное стекло ахроматического телескопа состоит из выпуклой линзы Ab , рис. 55, из корончатого стекла, расположенной снаружи, по направлению к объекту, и вогнуто-выпуклой линзы Cd из кремневого стекла, расположенной по направлению к глазу. Фокусное расстояние линзы - это расстояние от ее центра до точки, в которой сходятся лучи, как F , рис. 60. Следовательно, если линзы Ab и Cd сконструировать таким образом, чтобы их фокусные расстояния были в той же пропорции, что и их рассеивающая способность, они будут преломлять лучи света без цвета.



Рис. 55.

Примечание 197, [стр. 165](#). Если бы средний угол преломления призмы $D g G$, рис. 54, был одинаковым для всех веществ, то разница $D g V - D g R$ была бы дисперсией. Но поскольку угол наклона призмы одинаков, все эти углы различны в каждом веществе, так что для получения дисперсии любого вещества угол $D g V - D g R$ должен быть разделен на угол $D g G$ или его превышение над единицей, которому всегда пропорционально среднее преломление. Согласно мистеру Фраунгоферу, преломление крайних фиолетовых и красных лучей в краун-стекле составляет 1·5466 и 1·5258; таким образом, $D g V - D g R = 1·5466 - 1·5258 = ·0208$, и половина суммы превышения каждой вышеприведенной единицы равна $= ·5362$; следовательно,

$$(D g V - D g R) / D g G = ·0208 / ·5362 = 0·03879; \text{ для алмаза}$$

$$(D g V - D g R) / D g G = (2·467 - 2·411) / 1·439 = 0·0389;$$

таким образом, рассеивающая способность алмаза немного меньше, чем у хрусталя; следовательно, великолепные цвета преломления, которые отличают алмаз от любого другого драгоценного камня, обусловлены не его высокой рассеивающей способностью, а его большим средним преломлением.— Сэр Дэвид Брюстер.

Примечание 198, [стр. 168](#). Когда солнечный луч, пройдя через цветное стекло $V V'$, рис. 56, попадает в темную комнату через две маленькие щели $O o'$ в карточке или куске жести, он создает чередующиеся яркие и черные полосы на экране $S S'$ на небольшом расстоянии. Когда одна или другая из щелей O или O' останавливается, темные полосы исчезают, и экран

освещается равномерным светом, доказывая, что темные полосы образуются в результате интерференции двух наборов лучей. Опять же, пусть H m , рис. 57, представляет собой луч белого света, проходящий через отверстие в точке H , проделанное тонкой иглой в куске свинца или карточке, и попадающий на экран S' . Когда волосок или маленькая полоска карточки h h' , шириной около 30 дюймов, удерживается в луче, лучи огибают его с каждой стороны и, попадая на экран в разных состояниях вибрации, интерферируют и образуют серию цветных полосок по обе стороны от центральной белой полосы m . Когда кусочек карты помещается в точке C так, чтобы перехватывать свет, падающий на одну сторону волоса, цветные полосы исчезают. При использовании однородного света полосы наиболее широкие в красном цвете и постепенно сужаются для каждого цвета спектра до фиолетового, что дает самые узкие и насыщенные полосы. Этими очень элегантными экспериментами мы обязаны доктору Томасу Янгу.

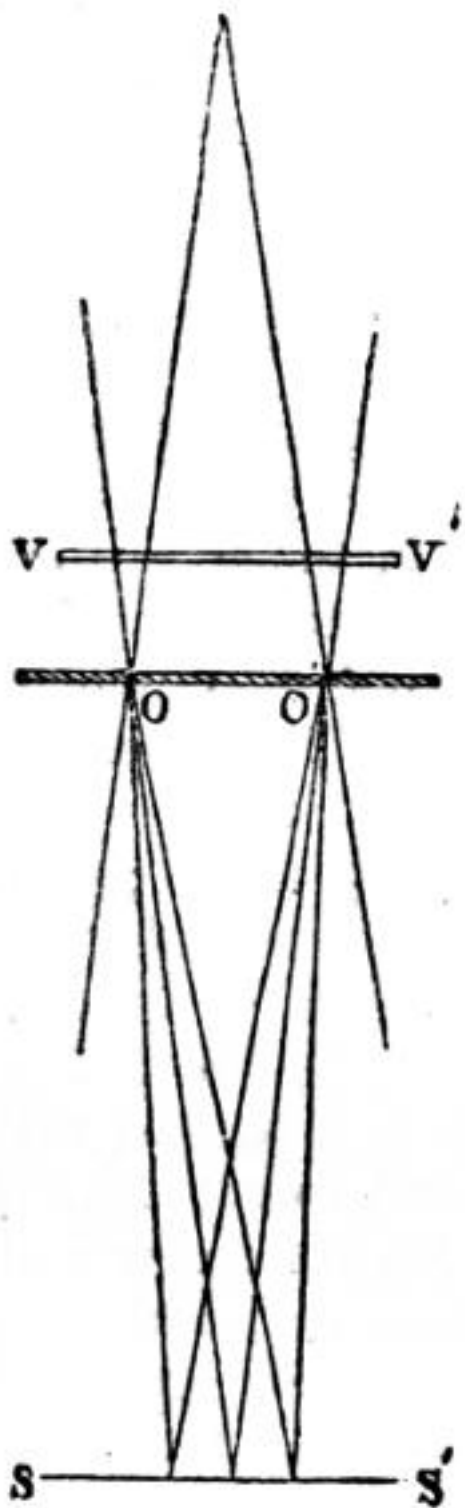


Рис. 56.

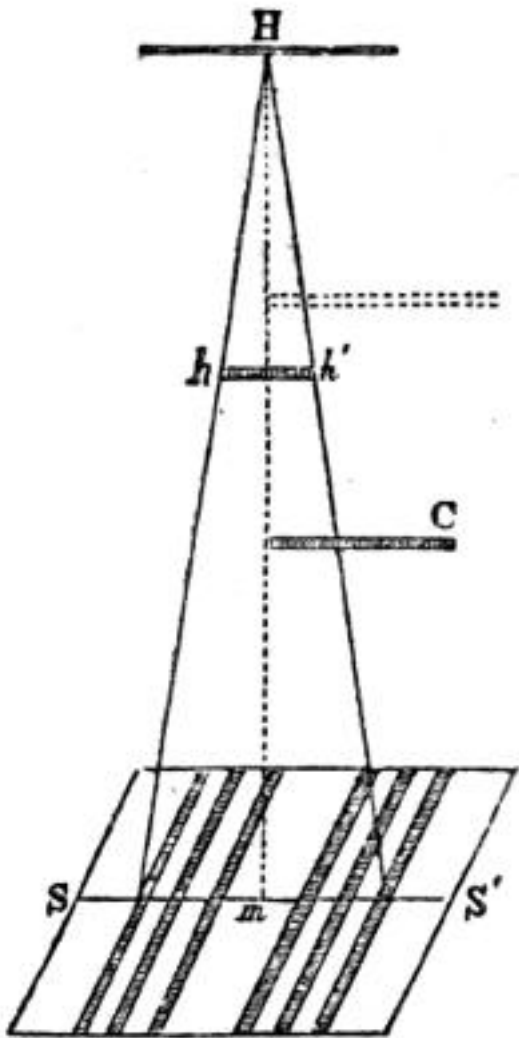


Рис. 57.

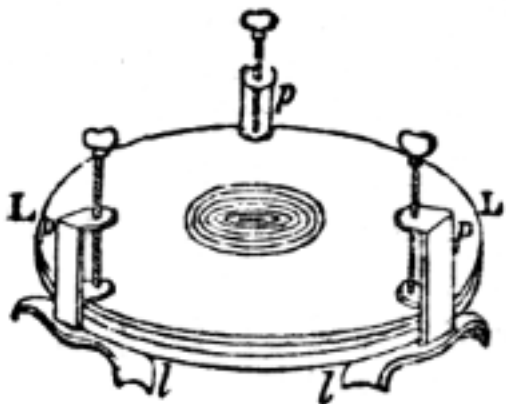


Рис. 58.

Примечание 199, стр. [171](#), [200](#). На рис. 58 показаны кольца Ньютона, которых насчитывается семь, образованные путем соединения двух стеклянных линз вместе. При условии, что падающий свет белый, они всегда следуют друг за другом в следующем порядке:—

1-е кольцо или 1-й порядок цветов: черный, очень бледно-голубой, ярко-белый, желтый, оранжевый, красный.

2-е кольцо: Темно-фиолетовое, или, скорее, фиолетово-синее, очень несовершенный желто-зеленый, ярко-желтый, малиново-красный.

3-е кольцо: Фиолетовый, синий, насыщенный травянисто-зеленый, мелко-желтый, розовый, малиновый.

4-е кольцо: Тускло-голубовато-зеленое, бледно-желтовато-розовое, красное.

5-е кольцо: Бледно-голубовато-зеленое, белое, розовое.

6-е кольцо: Бледно-сине-зеленое, бледно-розовое.

7-е кольцо: Очень бледно-голубовато-зеленое, очень бледно-розовое.

После седьмого порядка цвета становятся слишком тусклыми, чтобы их можно было различить. Кольца уменьшаются в ширине, и цвета становятся более плотными по мере удаления от центра. Когда свет однороден, кольца наиболее широкие в красном цвете и уменьшаются в ширине с каждым последующим цветом спектра до фиолетового.

Примечание 200, [стр. 172](#). Абсолютная толщина воздушной пленки между стеклами определяется следующим образом: —Пусть $Af Bc$, рис. 59, представляет собой сечение линзы, лежащей на плоской поверхности или стеклянной пластинке Pp' , если смотреть по краям, а Ec - диаметр сферы, сегментом которой является линза. Если AB - диаметр любого из колец Ньютона, а BD - параллель CE , то BD или Cf - толщина воздуха, образующего его. Ec - это известная величина; и когда Ab , диаметр, измеряется циркулем, можно вычислить Bd или Fc . Ньютон обнаружил, что длина Bd , соответствующая самой темной части первого кольца, составляет 98 000-ю долю дюйма, когда лучи падают перпендикулярно на линзу, и из этого он вывел толщину, соответствующую каждому цвету в системе колец. Последовательно пропуская через линзы каждый цвет солнечного спектра, Ньютон также определил толщину воздушной пленки, соответствующей каждому цвету, по ширине колец, которые всегда одного цвета при однородном освещении.

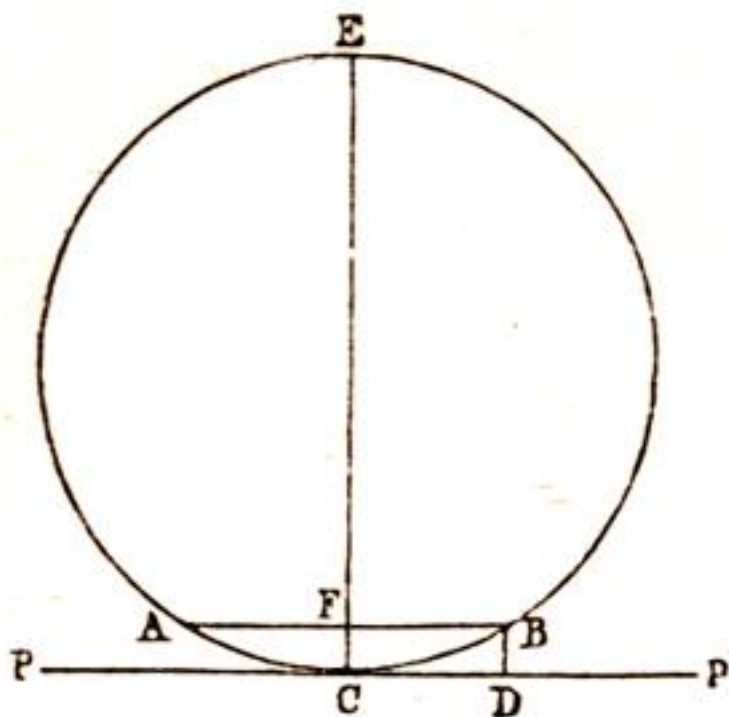


Рис. 59.

Примечание 201, [стр. 174](#). Фокусное расстояние линзы - это расстояние от ее центра до точки F, рис. 60, в которой встречаются преломленные лучи. Пусть $L l'$ - линза с очень коротким фокусным расстоянием, установленная в ставне окна темной комнаты. Солнечный луч, проходящий через линзу, будет сфокусирован в точке F, откуда он разойдется линиями Fc, Fd и сформирует круговое изображение света на противоположной стене. Предположим, что лист свинца, в котором проделано маленькое отверстие для булавки, помещается в этот луч; когда отверстие для булавки просматривается сзади с помощью объектива в точке E, оно окружено серией цветных колец, внешний вид которых меняется в зависимости от взаимного расположения отверстия для булавки и глазка относительно точки F. Когда отверстие имеет диаметр 30 дюймов и находится на расстоянии $6\frac{1}{2}$ фута от F, при просмотре с расстояния 24 дюйма видны семь колец следующих цветов:-

1-й порядок: Белый, бледно-желтый, желтый, оранжевый, тускло-красный.

2-й порядок: Фиолетовый, синий, беловатый, зеленовато-желтый, мелко-желтый, оранжево-красный.

3-й порядок: Фиолетовый, синий индиго, зеленовато-голубой, бриллиантово-зеленый, желто-зеленый, красный.

4-й порядок: Голубовато-зеленый, голубовато-белый, красный.

5-й порядок: Тускло-зеленый, слабый голубовато-белый, слабый красный.

6-й порядок: Очень бледно-зеленый, очень бледно-красный.

7-й порядок: След зеленого и красного.

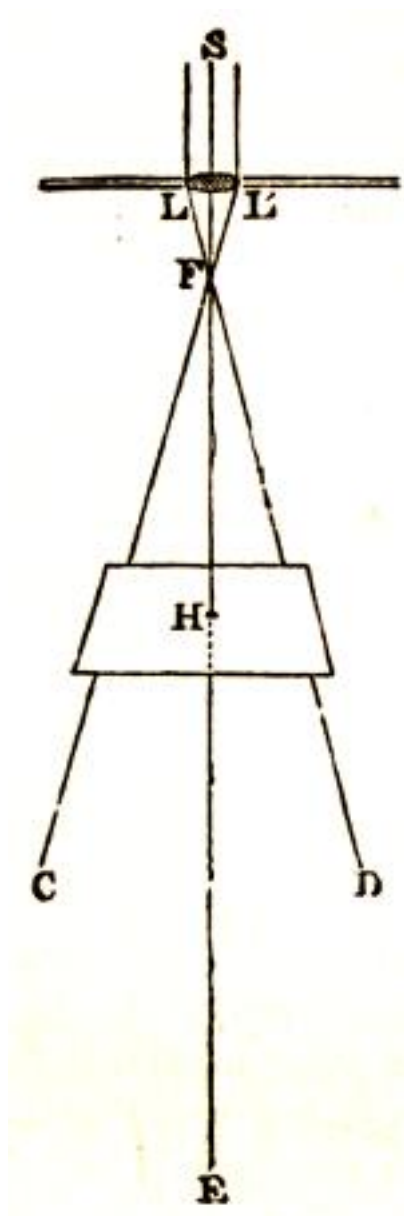


Рис. 60.

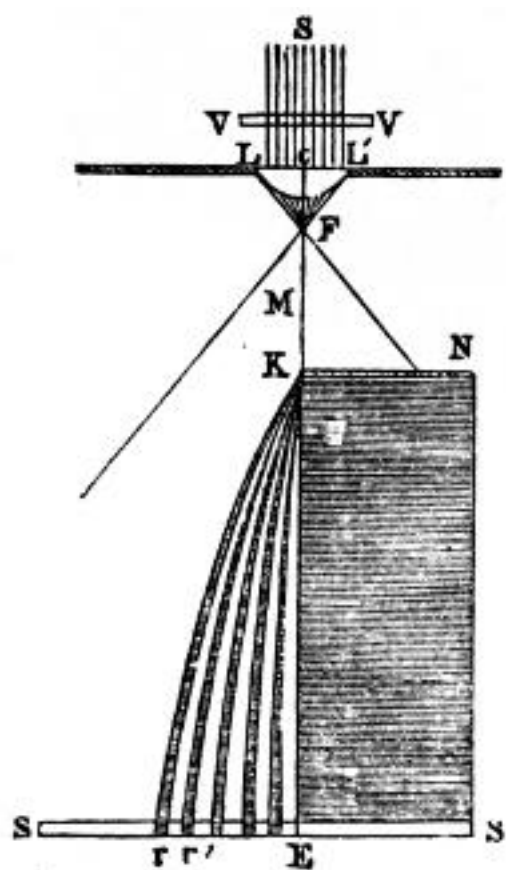


Рис. 61.

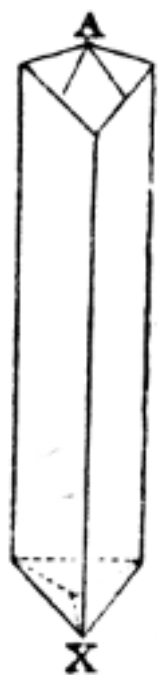


Рис. 62.

Примечание 202, [стр. 175](#). Пусть $L L'$, рис. 61, представляет собой сечение линзы, помещенной в оконную ставню, через которую очень маленький луч света $S L'$ проходит в темную комнату и фокусируется в F . Если провести лезвием ножа $K n$ по лучу, лучи отклоняются от него по гиперболическим кривым $K r$, $K r'$ и т.д., вместо того чтобы попадать прямо на экран по прямой линии $K e$, которая является границей тени. Поскольку эти изгибающиеся лучи достигают экрана в различных состояниях волнообразности, они интерферируют и образуют серию цветных полос, $r r'$ и т.д., вдоль края теневой поверхности ножа. Ширина полос зависит от относительного расстояния лезвия ножа и сита от F .

Примечание 203, [стр. 177](#). На рис. 43 представлены рассматриваемые явления, где $S S$ - поверхность, а I - центр падающих волн. Отраженные волны - это темные линии, возвращающиеся к I , которые такие же, как если бы они возникли в точке C на другой стороне поверхности.

Примечание 204, [стр. 180](#). На рис. 62 представлен призматический кристалл турмалина, ось которого равна X . Срезы, которые используются для поляризации света, вырезаны параллельно X .

Примечание 205, [стр. 181](#). *Двойное лучепреломление*. Если пучок света $R r$, рис. 63, падает на ромбоэдр из исландского шпата $A B X C$, он разделяется на два равных пучка света в точке r , которые преломляются в направлениях $r O$, $r E$: когда они достигают точек O и E , они снова преломляются и уходят в воздух в направлениях $O o$, $E o$, parallel to one another and to the incident ray $R r$. Луч $r O$ преломляется в соответствии с обычным законом, который заключается в том, что синусы углов падения и преломления имеют постоянное отношение друг к другу (см.

[Примечание 184](#)), а лучи r , $r O$, $O o$ находятся в одной плоскости. Напротив, карандаш $r E$ отклонен в сторону от этой плоскости, и его преломление не соответствует постоянному соотношению синусов; поэтому $r E$ называется необыкновенным лучом, а $r O$ - обычным лучом. Вследствие этого разделения света пополам чернильное пятно в точке O видится двойным в точках O и E , если смотреть с $r I$; и когда кристалл поворачивают, изображение E вращается вокруг O , которое остается неподвижным.

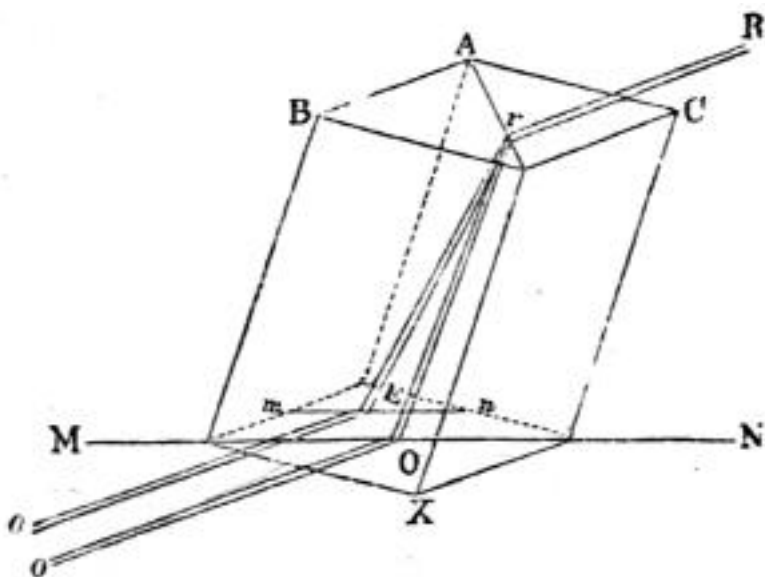


Рис. 63.

Примечание 206, [стр. 182](#). Оба параллельных луча $O o$ и $E o$, рис. 63, поляризуются при выходе из кристалла с двойным преломлением, и в обоих лучах частицы света совершают свои колебания под прямым углом к линиям $O o$, $E o$. Однако в одном случае эти колебания лежат, например, в плоскости горизонта, в то время как колебания другого лежат в вертикальной плоскости, перпендикулярной горизонту.

Примечание 207, [стр. 183](#). Если заставить свет падать в различных направлениях на естественные грани кристалла исландского шпата или на грани, вырезанные и отполированные искусственно, то будет найдено одно направление $A X$, рис. 63, вдоль которого свет проходит, не разделяясь на два карандаша. X - оптическая ось. В некоторых веществах имеются две оптические оси, образующие угол друг с другом. Оптическая ось не является фиксированной линией, она имеет только фиксированное направление; ведь если кристалл исландского шпата разделить на кристаллы меньшего размера, у каждого будет своя оптическая ось; но если все эти части снова собрать вместе, их оптические оси будут параллельны $A X$. Следовательно, каждая линия внутри кристалла, параллельная $A X$, является оптической осью; но поскольку все эти линии имеют одинаковое направление, говорят, что кристалл по-прежнему имеет только одну оптическую ось.

Примечание 208, [стр. 184](#). Если Ic , рис. 48, - падающий, а Cs - отраженный лучи, то частицы поляризованного света совершают свои колебания под прямым углом к плоскости бумаги.

Примечание 209, [стр. 184](#). Пусть Aa , рис. 48, представляет собой поверхность отражателя, т.е. падающий и Cs отраженный лучи; тогда, когда угол $Sc B$ равен 57° и, следовательно, угол $Pc S$ равен 33° , черное пятно будет видно в точке C глазом в точке S .

Примечание 210, [стр. 185](#). Пусть Ab , рис. 48, представляет собой отражающую поверхность, т.е. падающий и Cs отраженный лучи; тогда, если поверхность представляет собой листовое стекло, угол $Sc B$ должен составлять 57° , чтобы Cs могли быть поляризованы. Если поверхность представляет собой корончатое стекло или воду, угол $Sc B$ должен составлять $56^\circ 55'$ для первого и $53^\circ 11'$ для второго, чтобы получить поляризованный луч.

Примечание 211, [стр. 186](#). Поляризационный аппарат представлен на рис. 64, где $R r$ представляет собой луч света, падающий на кусок стекла r под углом 57° : отраженный луч r затем поляризуется и может быть виден через кусок турмалина в s , или он может быть принят на другую стеклянную пластину, B , поверхность которой расположена под прямым углом к поверхности r . Луч $r s$ снова отражается в s и попадает в глаз в направлении $s E$. Пластинку из слюды, M или любого другого вещества, подлежащего исследованию, помещают между точками r и s .

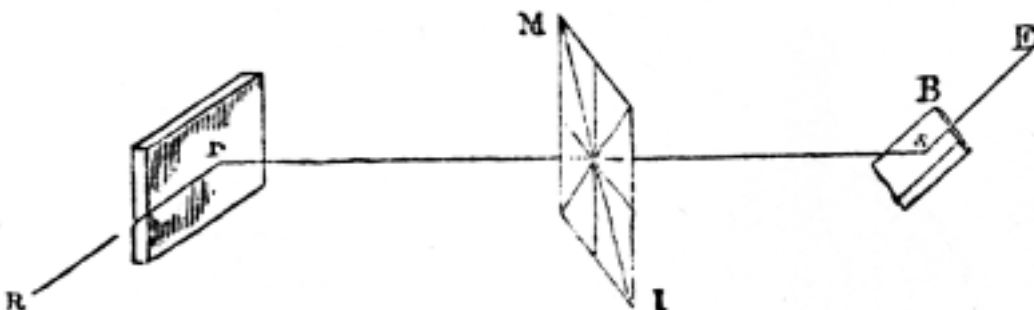


Рис. 64.

Примечание 212, [стр. 187](#). Чтобы увидеть эти рисунки, поляризованный луч rs , рис. 64, должен проходить через оптическую ось кристалла, которую необходимо поднести как можно ближе к s с одной стороны, а глаз расположить как можно ближе к s с другой. На рис. 65 показано изображение, образованное кристаллом исландского шпата, который имеет одну оптическую ось. Цвета колец в точности совпадают с цветами колец Ньютона, приведенными в [Примечании 199](#), а крест черный. Если лонжерон повернуть вокруг своей оси, кольца не претерпят никаких изменений; но если турмалин, через который на него смотрят, или стеклянную пластинку B повернуть, эта фигура будет видна под углами 0° , 90° , 180° и 270° ее поворота. Но в промежуточных точках, то есть под углами 45° , 135° , 225° и 315° , появится другая система, подобная представленной на рис. 66, где все цвета колец дополняют цвета на рис. 65, а крест белый. Две системы колец, если их наложить друг на друга, будут излучать белый свет.

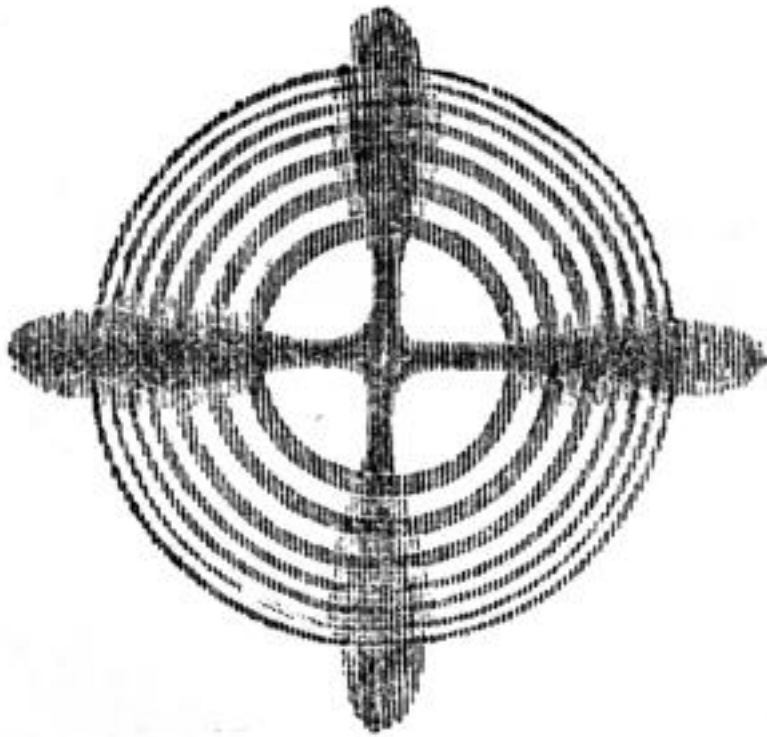


Рис. 65.

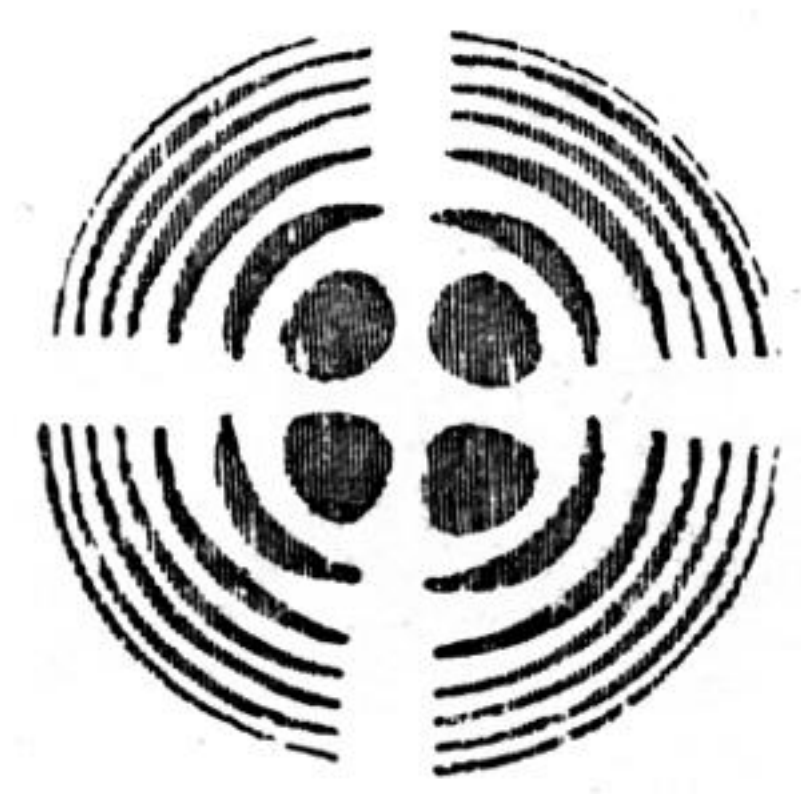


Рис. 66.

Примечание 213, [стр. 188](#). Селитра, или селитра, кристаллизуется в шестигранных призмах, имеющих две оптические оси, наклоненные друг к другу под углом 5° . Кусочек этого вещества толщиной около 6-8 дюймов, отрезанный перпендикулярно оси призмы и помещенный очень близко к s , рис. 64, так что поляризованный луч rs может проходить через него, демонстрирует систему колец, представленную на рис. 67, где точки C и C отмечают положение оптических осей. Когда пластину B , рис. 64, поворачивают, изображение последовательно меняется на изображение, приведенное на рис. 68, 69 и 70. Цвета колец такие же, как и у тонких пластин, но они меняются в зависимости от толщины селитры. Их ширина увеличивается или уменьшается также в зависимости от цвета, когда используется однородный свет.

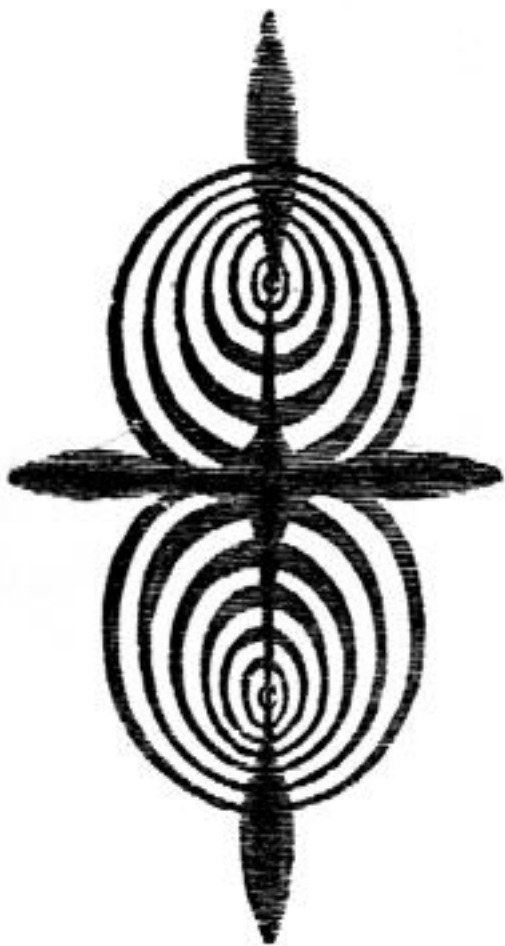
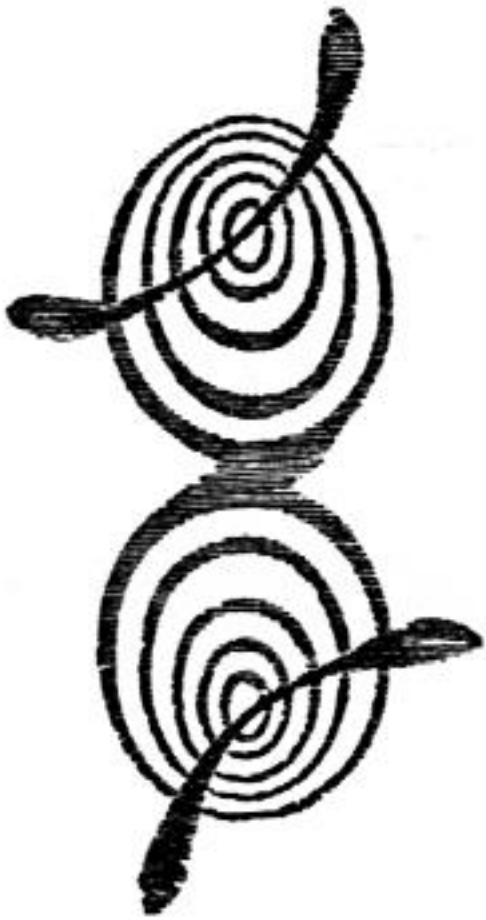


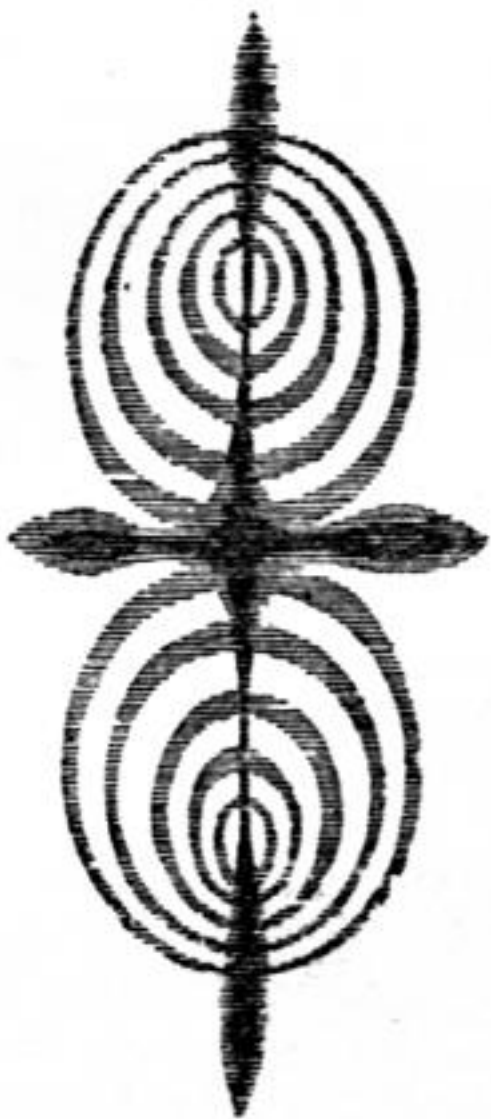
Рис. 67.



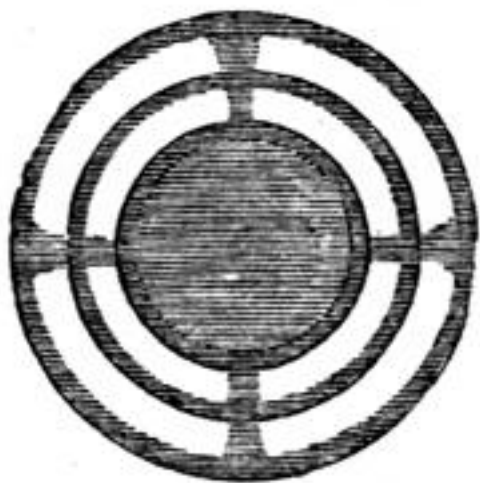
Puc. 68.



Puc. 69.



Puc. 70.



Puc. 71.

Примечание 214, [стр. 189](#). На рис. 71 представлен внешний вид, полученный при помещении кусочка горного хрусталя в поляризованный луч rs , рис. 64. Равномерный цвет внутренней части изображения зависит от толщины среза; но каким бы ни был этот цвет, он будет попеременно достигать максимальной яркости и исчезать при вращении стекла В. Можно заметить, что два вида кварца, или горного хрусталя, упомянутые в тексте, объединены в аметисте, который состоит из чередующихся слоев правостороннего и левостороннего кварца, плоскости которых параллельны оси кристалла.

Примечание 215, [стр. 193](#). Предположим, что большая ось Ap эллипса, рис. 18, неизменна, но эксцентриситет Cs постоянно уменьшается, эллипс будет выпуклеть все больше и больше; и когда Cs исчезнет, он превратится в окружность диаметром AP . Опять же, если эксцентриситет будет постоянно увеличиваться, эллипс будет все более и более сплющиваться, пока Cs не станет равным Cp , когда он превратится в прямую линию AP . Таким образом, окружность и прямая линия являются границами эллипса.

Примечание 216, [стр. 194](#). Цветные кольца образуются в результате интерференции двух поляризованных лучей с разной степенью волнообразности по принципу, описанному для обычного света.

Примечание 217, [стр. 225](#). Согласно мистеру Джоулю, что тепло вырабатывается при движении и что оно эквивалентно ему, мистер Томпсон из Глазго исследует, откуда солнце получает свое тепло, поскольку он показывает, что ни горение, ни исходное тепло от него не могли обеспечить отходы в течение 6000 лет. Он приходит к выводу, что солнечное тепло поддерживается мириадами мельчайших тел, вращающихся на краю его плотной туманности или атмосферы, некоторые из которых мы часто видим как падающие звезды. Они, испаряемые его теплом и притягиваемые его притяжением, встречают сильное сопротивление при входе в солнечную атмосферу в виде метеоритного дождя; через нее они спускаются по спиральным линиям к поверхности Солнца, выделяя огромное тепло за счет трения во время своего падения и служа топливом по прибытии.

Примечание 218, [стр. 252](#). Класс Cryptogamia включает папоротники, мхи, грибы и морские водоросли; у всех из них части цветков, как правило, слишком мелкие, чтобы быть заметными.

Примечание 219, [стр. 254](#). Зоофиты - это животные, образующие мадрепоры, кораллы, губки и т.д.

Примечание 220, [стр. 254](#). Племя ящеров - существа, похожие на крокодилов и ящериц.

Примечание 221, [стр. 266](#). Если тепло от несветящегося источника поляризовано путем отражения или преломления в точке r , рис. 64, то поляризованный луч rs будет остановлен или пропущен пластинкой слюды при тех же обстоятельствах, при которых он останавливал бы или пропускал свет; и если бы тепло было видимым, в точке s .

Примечание 222, [стр. 275](#), [329](#), [357](#). Фут-фунт, или единица механической силы, установленная мистером Джоулем, - это сила, которая подняла бы вещество весом в один фунт на высоту одного фута; или это импульс или сила, создаваемая телом весом в один фунт, падающим под действием силы тяжести на высоту в один фут.

Импульс, *vis viva*, или жизненная сила, равен массе тела, умноженной на квадрат скорости, с которой оно движется, и является истинной мерой труда. Ибо если поднять груз на 10 футов, то потребуется в четыре раза больше труда, чтобы поднять равный груз на 40 футов. Если позволить обоим этим грузам свободно опускаться под действием силы тяжести, то в конце их падения их скорости будут равны от 1 до 2; то есть как квадратные корни из их высот; но *произведенный эффект* будет равен их массам, умноженным на 1 и 4; но это квадраты их скоростей: следовательно, импульс, или *vis viva*, равен отношению массы к квадрату скорости.

Таким образом, импульс является истинной мерой труда, затраченного на подъем гирь, и *эффекта* их опускания и полностью не зависит от времени. Итак, тепло пропорционально импульсу, а импульс является истинной мерой труда. При ударе выделяемое тепло пропорционально силе импульса и, таким образом, измеряется трудом.

Труд - это слово, используемое в механике для выражения того, что *выполненная* работа равна затраченной рабочей силе. Выполняемой работой может быть преодоленное сопротивление или любой другой произведенный эффект, в то время как рабочей силой может быть лошадь, паровая машина, ветер, падающая вода и т.д.

Примечание 223, [стр. 313](#). Когда поток положительного электричества опускается от Р к л, рис. 72, по вертикальному проводу под прямым углом к плоскости горизонтальной окружности Ab, отрицательное электричество поднимается от л к Р, и сила, оказываемая током, заставляет северный полюс магнита вращаться вокруг провода в направлении стрелок по окружности, а южный полюс - в противоположном направлении. Когда ток положительного электричества течет вверх от л к Р, эти эффекты меняются на противоположные.

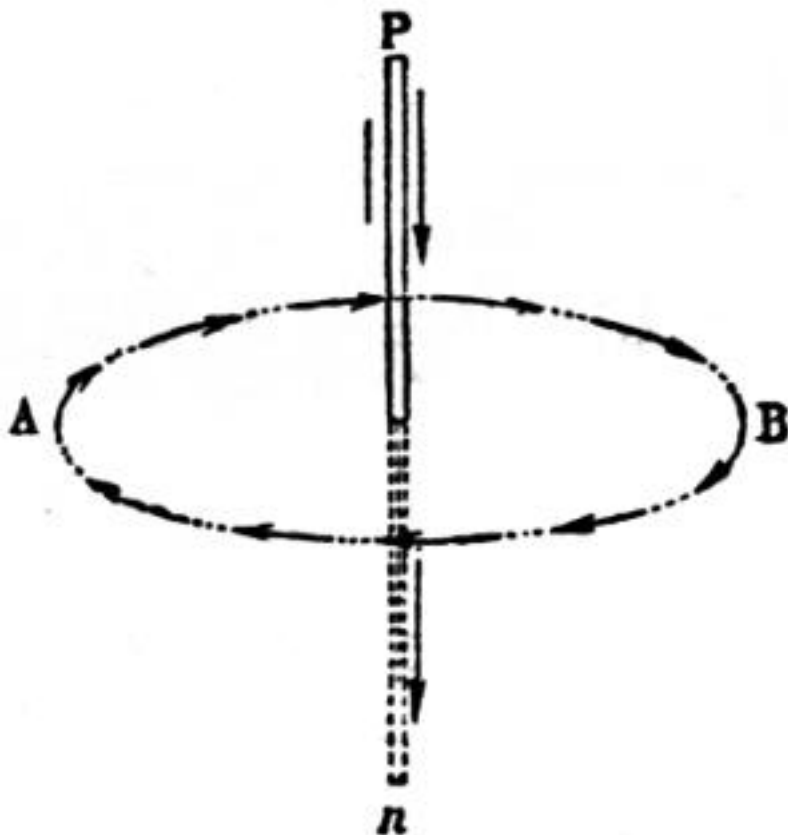


Рис. 72.

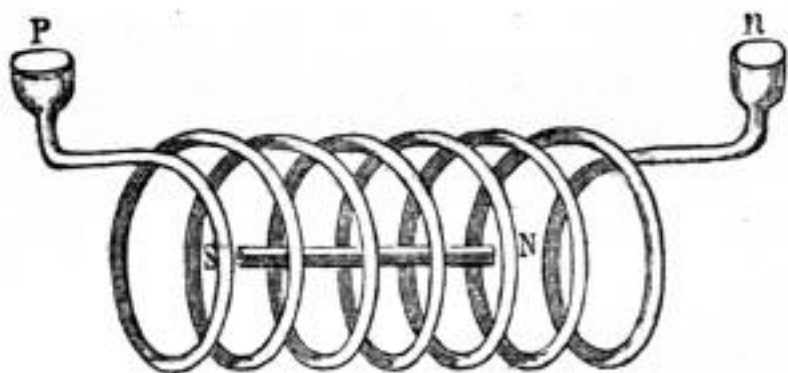


Рис. 73.

Примечание 224, [стр. 314](#). На рис. 73 представлена спираль или моток медной проволоки, заканчивающийся двумя чашечками, содержащими немного ртути. Когда положительный провод гальванической батареи погружается в чашку *p*, а отрицательный провод - в чашку *n*, цепь замыкается. Ртуть обеспечивает соединение между батареей и спиралью, передавая электричество от одной к другой. Пока электричество течет по спирали, магнит *Sn* остается подвешенным внутри нее, но опускается в тот момент, когда он прекращает работу. Магнит всегда поворачивает свой южный полюс *S* к *P*, положительному проводу батареи, а свой северный полюс - к отрицательному проводу.

Примечание 225, [стр. 316](#). Медная проволока, свернутая в спираль в форме, представленной на рис. 73, была первой и наиболее простой формой электродинамического цилиндра. Когда его концы *P* и *n* соединены с положительным и отрицательным полюсами гальванической батареи, он становится идеальным магнитом на время прохождения через него электрического тока, причем *P* и *n* являются его северным и южным полюсами.

Примечание 226, [стр. 344](#). Именно Галлею мы обязаны первой таблицей склонения и теорией о 4 полюсах максимальной магнитной напряженности, подтвержденной наблюдениями, а также самыми ранними достоверными значениями магнитных элементов в Лондоне и на острове Святой Елены, куда он специально отправился для проведения наблюдений за земным магнетизмом. С тех пор М. Гаусс составил карты магнитных линий и опубликовал теорию, которая очень близко отражает магнитное состояние земного шара. Масса наблюдений, ежедневно производимых нашими крейсерами и нашими правительственными исследованиями во всех частях земли, огромна.

Примечание 227, [стр. 360](#). На рис. 74 гипербола *Hru*, парабола *p Pr R* и эллипс *A Ep L* имеют фокусное расстояние *Sp* и совпадают через небольшое пространство по обе стороны от перигелия *P*; и, поскольку комета видна только вблизи *P*, трудно установить, по какой из трех кривых она движется.

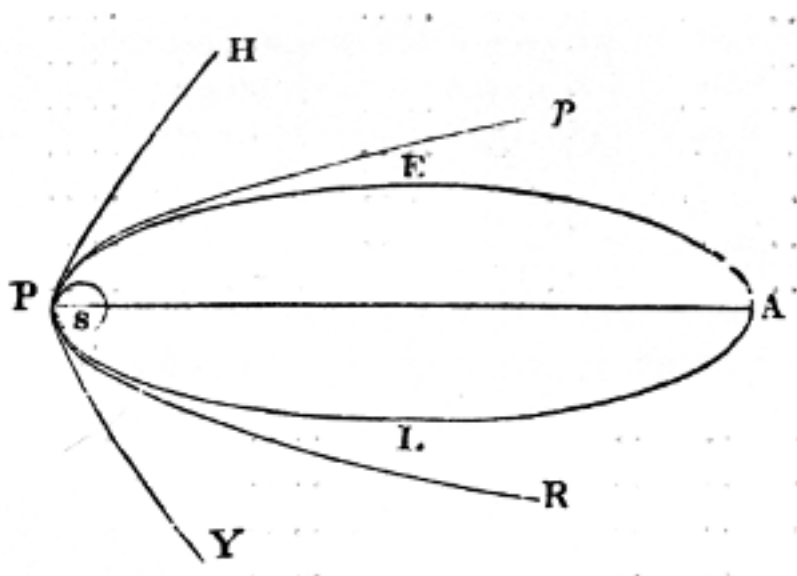


Рис. 74.

Примечание 228, [стр. 363](#). На рис. 75 Ea представляет орбиту кометы Галлея, Et - орбиту Земли, а S - Солнца. Пропорции очень близки к точным.

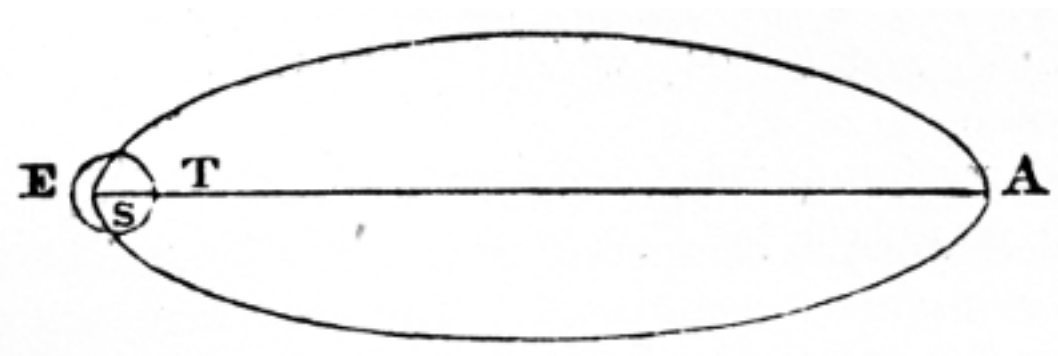


Рис. 75.

Примечание 229, [стр. 382](#). На рис. 74 представлены рассматриваемые кривые. Очевидно, что при одном и том же фокусном расстоянии Sp могут быть только одна окружность и одна парабола $p Pr R$, но между окружностью и параболой может быть бесконечное количество эллипсов и бесконечное количество гипербол, расположенных снаружи от параболы $p Pr R$.

Примечание 230, [стр. 387](#). Пусть AB , рис. 26, представляет собой диаметр земной орбиты, и предположим, что звезда видна в направлении As' от земли в точке A . Шесть месяцев спустя земля, пройдя половину своей орбиты, достигнет точки B , и тогда звезда появится в направлении BS' , если диаметр AB , видимый с точки S' , имеет сколько-нибудь ощутимую величину. Но величина AB , составляющая 190 000 000 миль, по-видимому, не превышает толщины нити паука, как видно с 61 Лебеда, которая предположительно является ближайшей из неподвижных звезд.

Примечание 231, [стр. 389](#). Звезды, параллакс и собственное движение которых известны.

Название звезды. Собственное движение. Параллакс. Наблюдатели и компьютеры.

α Центавра	$3'' \cdot 764$	$0'' \cdot 92$	Маклир.
”	..	$1''$	Хендерсон.
61 Лебедь	$5'' \cdot 123$	$0'' \cdot 374$	Бессель.
α Лира	$0'' \cdot 364$	$0'' \cdot 207$	Петерс.
Сириус	$1'' \cdot 234$	$0'' \cdot 230$	Хендерсон.
Арктур	$2'' \cdot 269$	$0'' \cdot 127$	Петерс.
Полярная звезда	$0'' \cdot 035$	$0'' \cdot 106$	Петерс.
Капелла	..	$0'' \cdot 046$	Петерс.
Шевр	$0'' \cdot 461$	$0'' \cdot 046$	Питерс.
- Большая Медведица	$0'' \cdot 746$	$0'' \cdot 133$	Питерс., ,

Следовательно, пространство, проходимое этими звездами за одну секунду, равно...

α Центавра	5 лиг	Хендерсона и Маклира.
61 Лебедь	10 лиг	Бесселя.
лира	в 2 лигах от	Струве и Петерса.
Сириус	в 6 лигах	от Хендерсона и Маклира.
Арктур	в 22 лигах	Питерса.
Полярная звезда	$\frac{1}{2}$ лиги	Линденау и Струве.
Ла Шевр	12 лиг	от Питера.
Большая Медведица и	7 лиг	от Питера., ,

Есть три больших расхождения в параллаксе звезды Аргелендер или Грумбридж 1830 года. М. Отто Струве определяет ее как $0'' \cdot 034$, что дает ей скорость 251 лье в секунду, в то время как М. Фэй находит, что параллакс находится между $0'' \cdot 03$ и $0'' \cdot 01$, что делает его скорость от 30 до 85 лиг в секунду.

Все это минимальные скорости, потому что мы можем определить на небесном своде только проекцию, возможно, значительно уменьшенную, реального движения звезд.

Примечание 232, стр. [398](#), [401](#). Ниже приведены двойные системы, орбиты которых были точно определены:—

Название Звезды.	Период в годах.	Прохождение перигелия.	Кем Вычислено.
ζ Геркулес	30·216	1831·41	Мадлер.
η Корона	42·500	1807·21	Мэдлер.
$\nu\zeta$ Канкри	58·910	1853·37	Мадлер.
Большая Медведица	58·262	1817·25	Савари.
ω Леонис	Леонис, 82·533	1849·76	Вилларсо.
Змееносец	73·862	1806·83	Энке.

3062 в Дерптском каталоге	94·765	1837·41	Мадлер.
ξ Бути	117·140	1779·88	Сэр Дж. Гершель.
δ Лебедь	178·700	1862·87	Задних.
γ Virginis	182·120	1836·43	Сэр Дж. Гершель.
Кастор	252·660	1855·83	Сэр Дж. Гершель.
ς Корона	736·880	1826·48	Задних.
γ Virginis	632·270	1699	Задних.
α Центавра	77·000	1851·50	Джейкоб.

Орбита γ Virginis.

Прохождение перигелия	1836·40
Наклон	27°36'
Положение восходящего узла	19 7
Угол между линией Узлов и Апсидами	295° 13
Эксцентриситет	0·8794
Период в годах	184·53

Орбита ζ Геркулеса.

Прохождение перигелия	1830·56
Наклон	140° 39'
Положение восходящего узла	217° 14'
Угол между линией Узлов и Апсидами	266·53
Эксцентриситет	0·4381
Период в годах	37·21

Вычислено Дж. Флетчером, эсквайром, 1853.

Примечание 233, [стр. 403](#). Масса определяется способом, описанным в тексте; но метод вычисления расстояния до звезды может быть более понятным из того, что следует ниже. Хотя орбита звезды-спутника на самом деле и по видимости эллиптическая, пусть она будет представлена символом $C D O$, рис. 14, для иллюстрации, земля находится в d . Ясно, что, когда звезда движется через $C D O$, ее свету потребуется больше времени, чтобы дойти до земли от O , чем от C , на все время, затрачиваемое ею на прохождение через $O C$, ширину своей орбиты. Когда это время будет известно из наблюдений, сведено к секундам и умножено на 190 000, то есть на количество миль, которые пролетает свет за секунду, результатом будет ширина орбиты в милях. Исходя из этого, размеры эллипса будут получены с помощью наблюдения; длина и положение любого диаметра в виде $S p$ могут быть найдены; и поскольку все углы треугольника $d S p$ могут быть определены путем наблюдения, расстояние звезды от земли может быть вычислено.

Примечание 234, [стр. 405](#). Средние результаты ММ. Аргеландер, Отто Струве и Лундал для звезд северного полушария и эпохи 1790 года помещают точку, к которой стремится солнце, на 259 °

5' прямого восхождения и 55 ° 23' северного полярного расстояния. Г-н Галлауэй вычислил по звездам южного полушария, что в ту же эпоху точка находилась на 260 ° 1' правого восхождения и 55 ° 37' северного полярного расстояния, результаты почти идентичны, хотя и основаны на очень разных данных.

Примечание 235, [стр. 414](#). Одно из шаровых скоплений, упомянутых в тексте, представлено на рис. 1, [таблица 8](#). Звезды постепенно уплотняются по направлению к центру, где они сливаются воедино в ярком свете. Более уплотненная часть проецируется на площадку из неравномерно рассеянных звезд, которая заполняет все поле зрения телескопа. Вблизи этого скопления мало звезд.

Примечание 236, [стр. 420](#). На [фото 8](#) показаны пять туманностей, видимых в 20-футовый телескоп сэра Джона Гершеля.

1. Огромное кольцо, видимое наклонно, с темным центром и маленькой звездочкой на каждом конце.
2. Кольцо в созвездии Лиры.
3. Туманность гантель в Вулпикуле.
4. Спиральная туманность или система brother в 20-футовый телескоп.
5. Веретенообразная туманность.

На [фото 9](#) изображены некоторые из тех же объектов, которые видел лорд Росс.

1. Туманность в поясе Андромеды.
2. Круглая туманность Лиры.
3. Туманность гантель в Вулпикуле.

Спиральные туманности 51 Мессье, видимые Лордом Россом, 1 на [фото 10](#), представлены на рис. 4 на [пластине 8](#); и фиг. 2 на той же пластинке изображена часть большой туманности Ориона, поскольку всю ее целиком никогда не видели из-за крайней удаленности.

Примечание 237, [стр. 32](#), [427](#). Движение земли наглядно доказано экспериментами М. Фуко. Если оставить маятник колебаться совершенно свободно, причем силы, производящие колебания, находятся в вертикальной плоскости, то нет причины, способной вызвать абсолютное изменение его положения относительно пространства; но движение земли изменяет положение наблюдателя относительно вертикальной плоскости, и он соотносит с ней свое собственное движение, которое, по-видимому, постепенно отклоняется от своего положения, точно так же, как человек в лодке соотносит свое собственное движение с движением суши, и таким образом движение земли действительно и наглядно доказано.

КОНЕЦ.

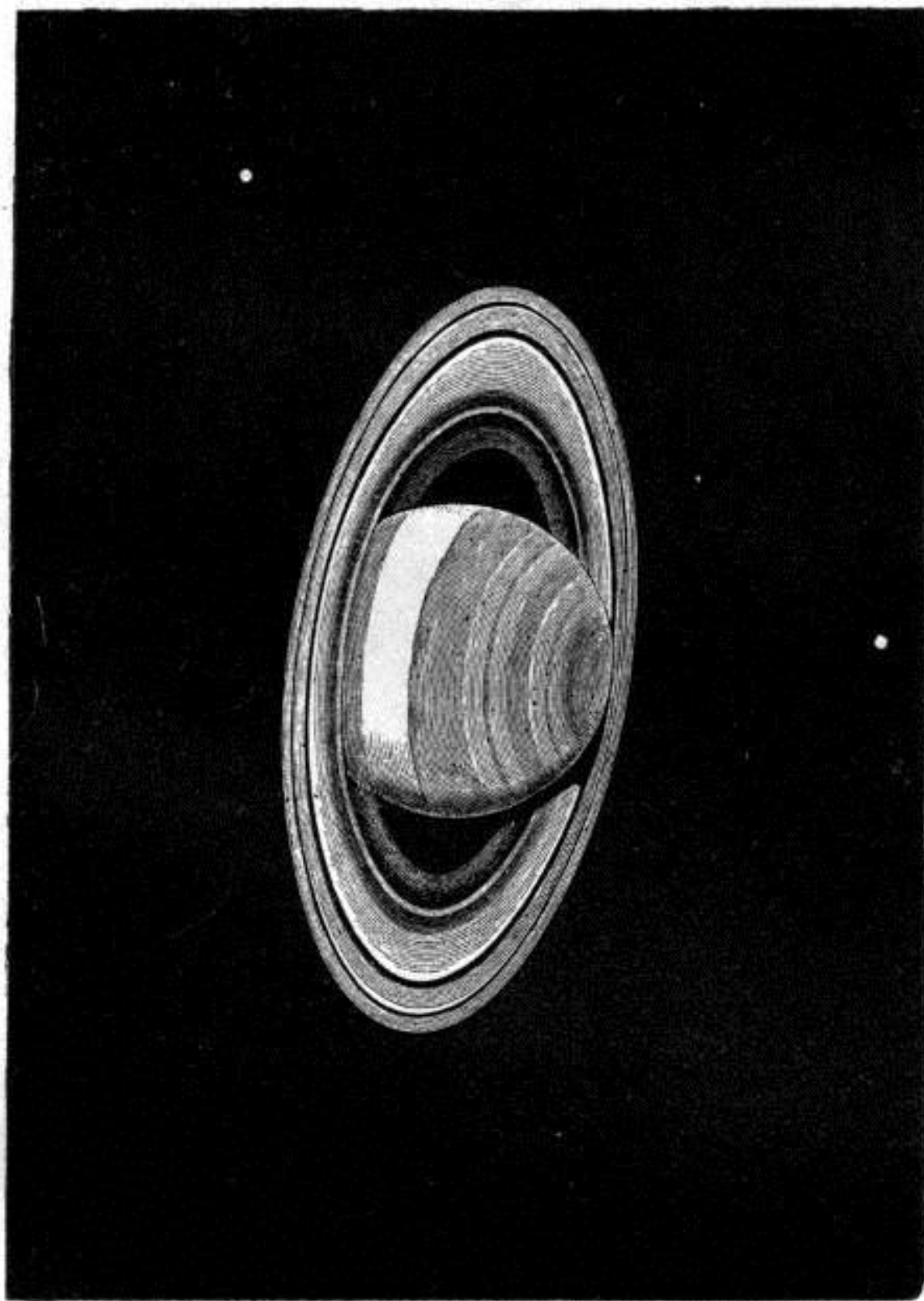
ЛОНДОН: ИЗДАТЕЛЬСТВО "У. КЛОУЗ И СЫНОВЬЯ", СТЭМФОРД-СТРИТ,

И ЧАРИНГ-КРОСС.

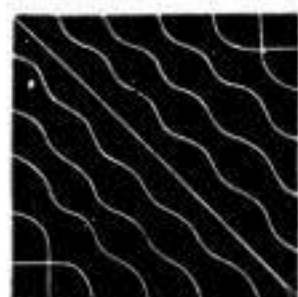
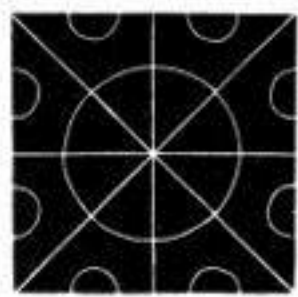
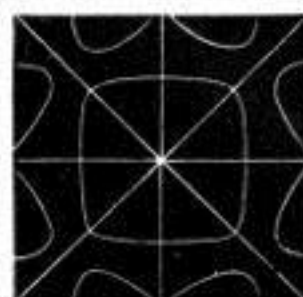
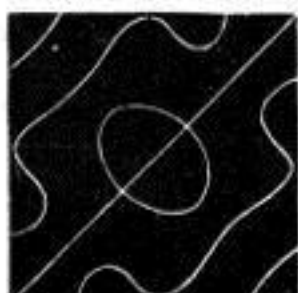
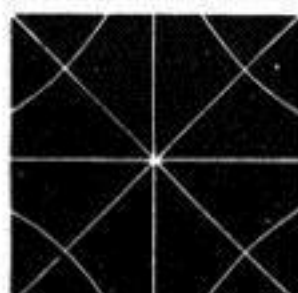
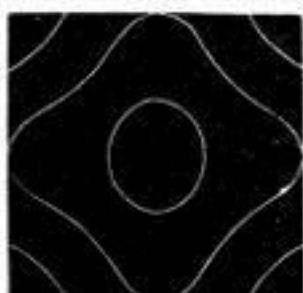
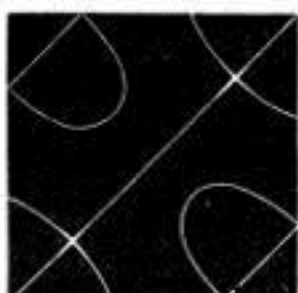
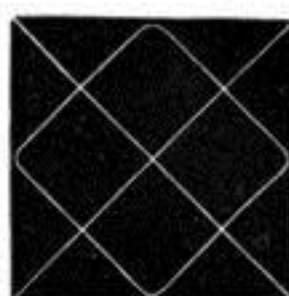
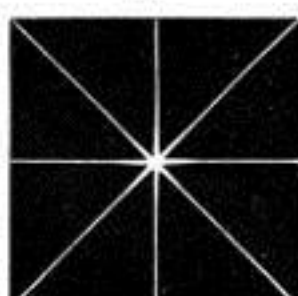
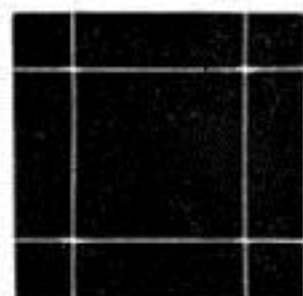
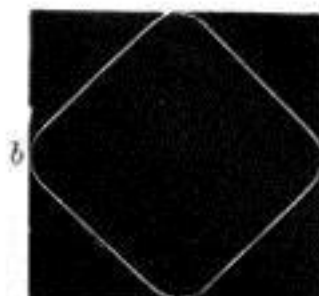
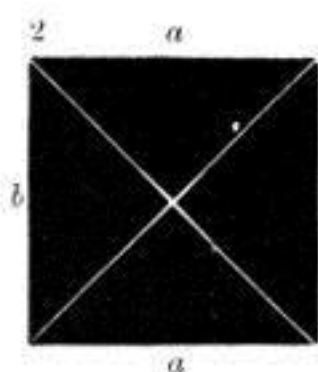
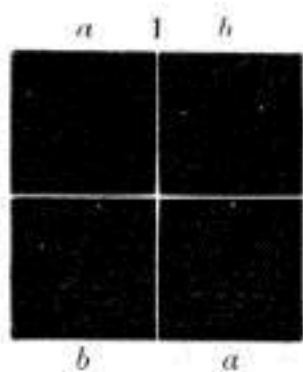
Табличка 1.



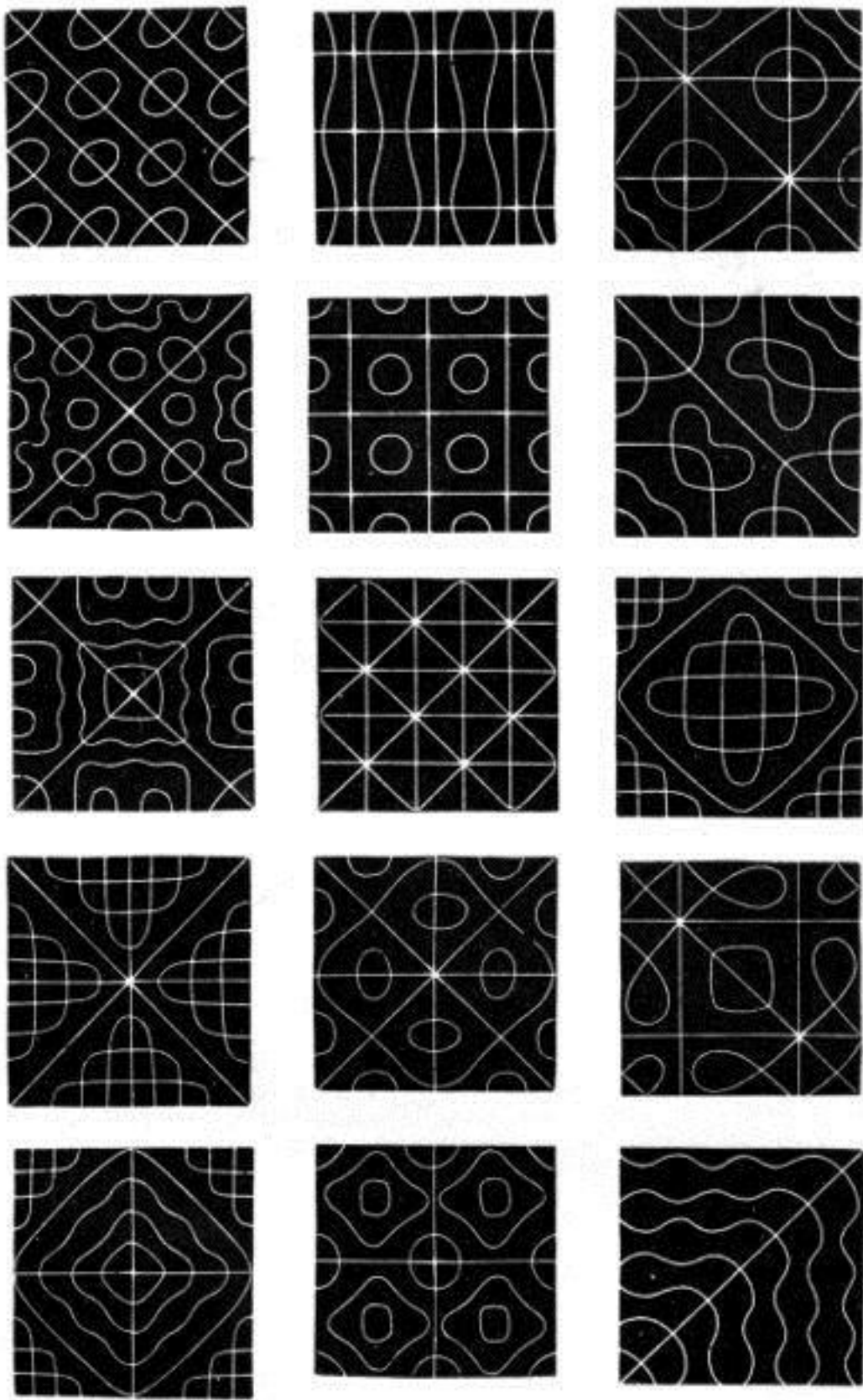
Табличка 2.



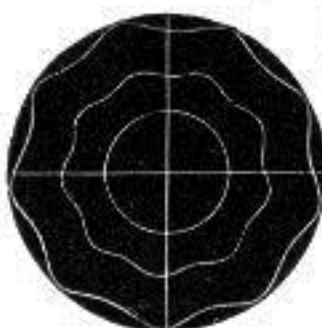
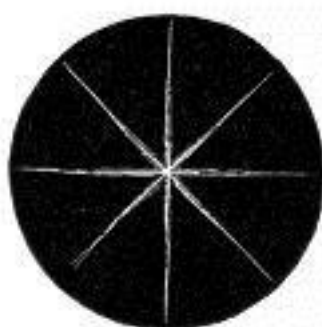
Табличка 3.



Табличка 4.



Табличка 5.

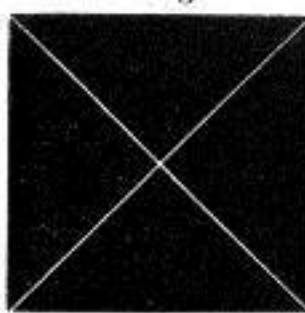
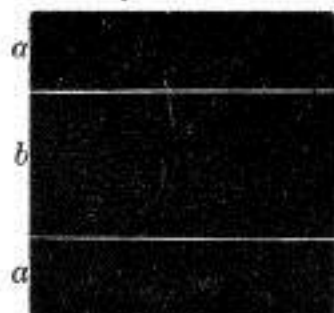


1

2

a

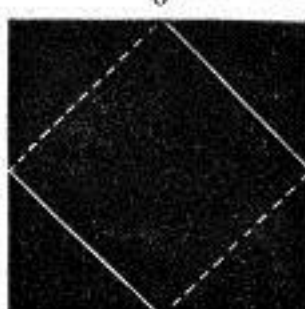
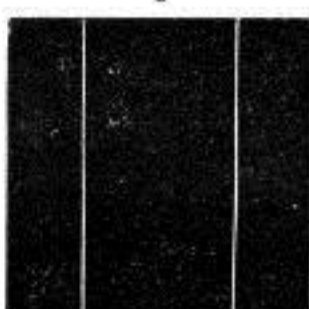
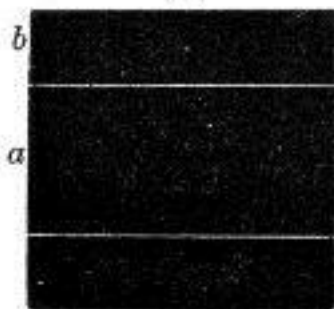
3



4

5

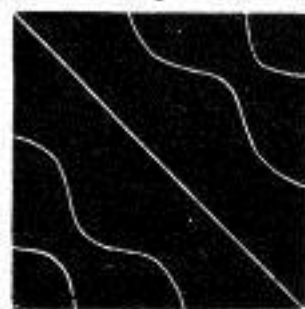
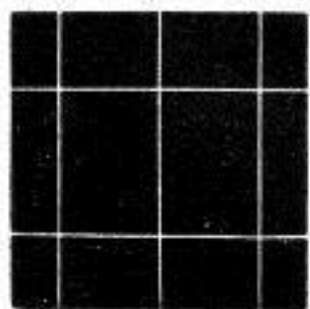
6



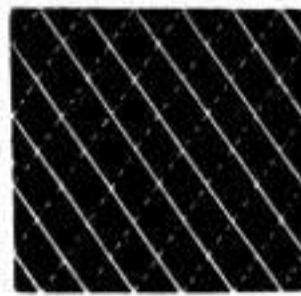
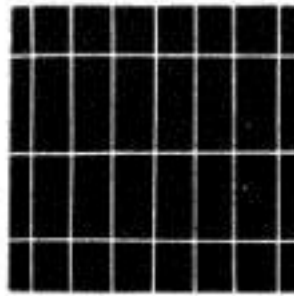
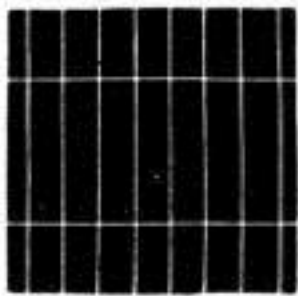
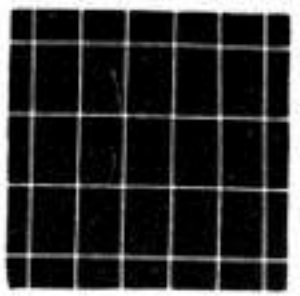
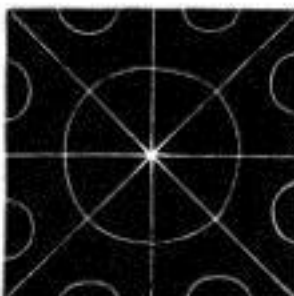
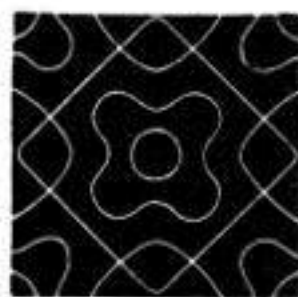
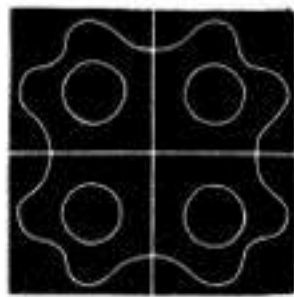
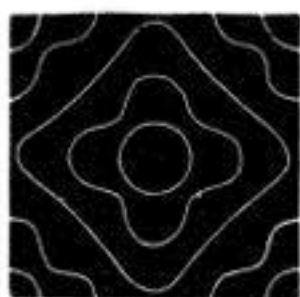
7

8

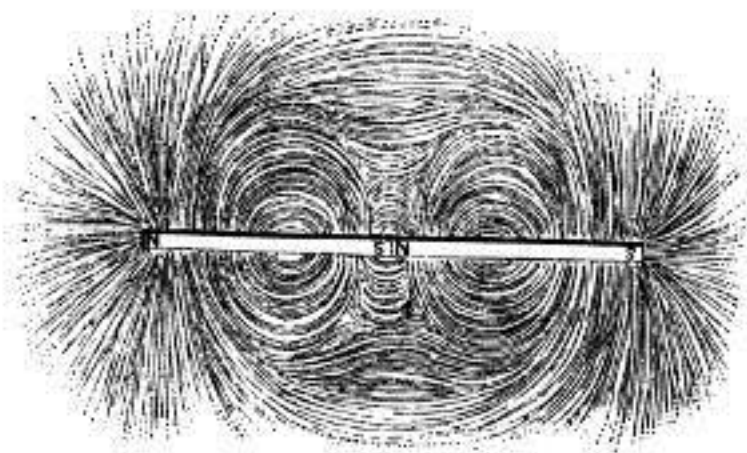
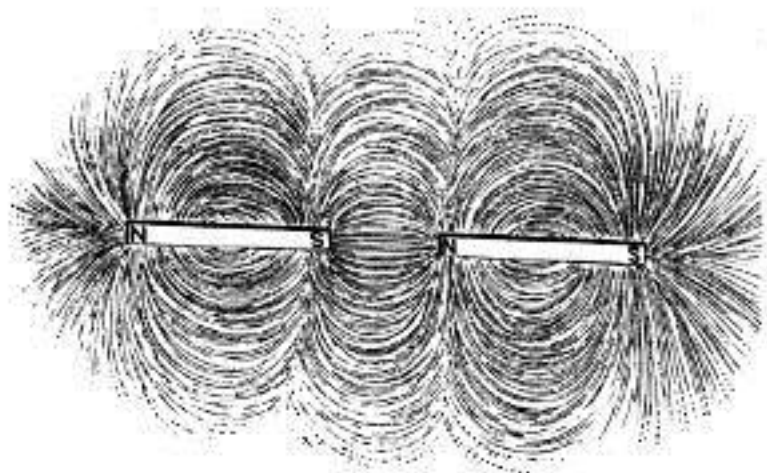
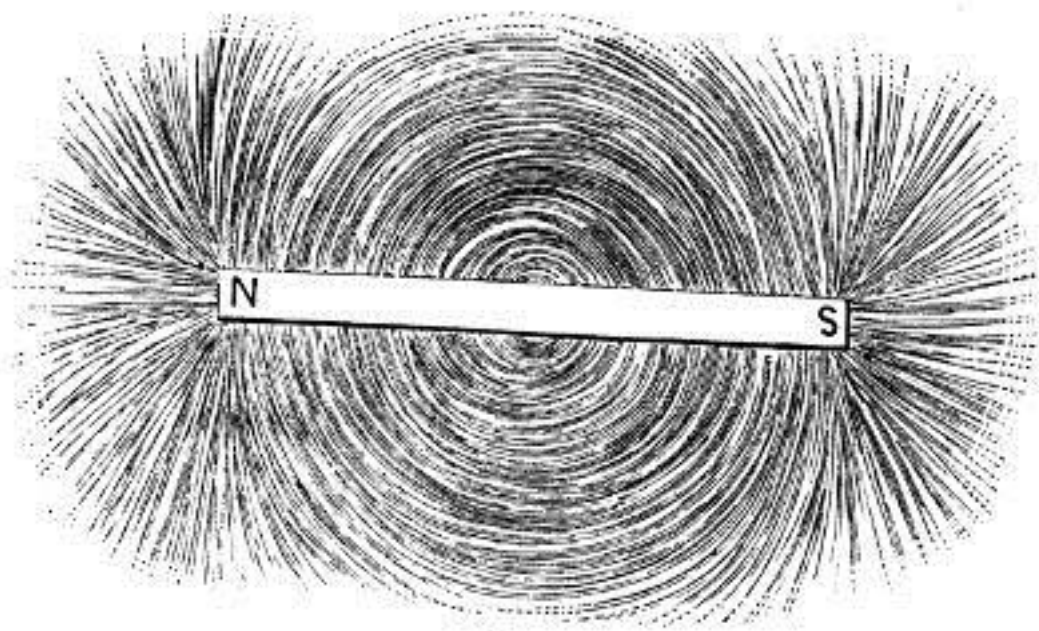
9



Табличка 6.

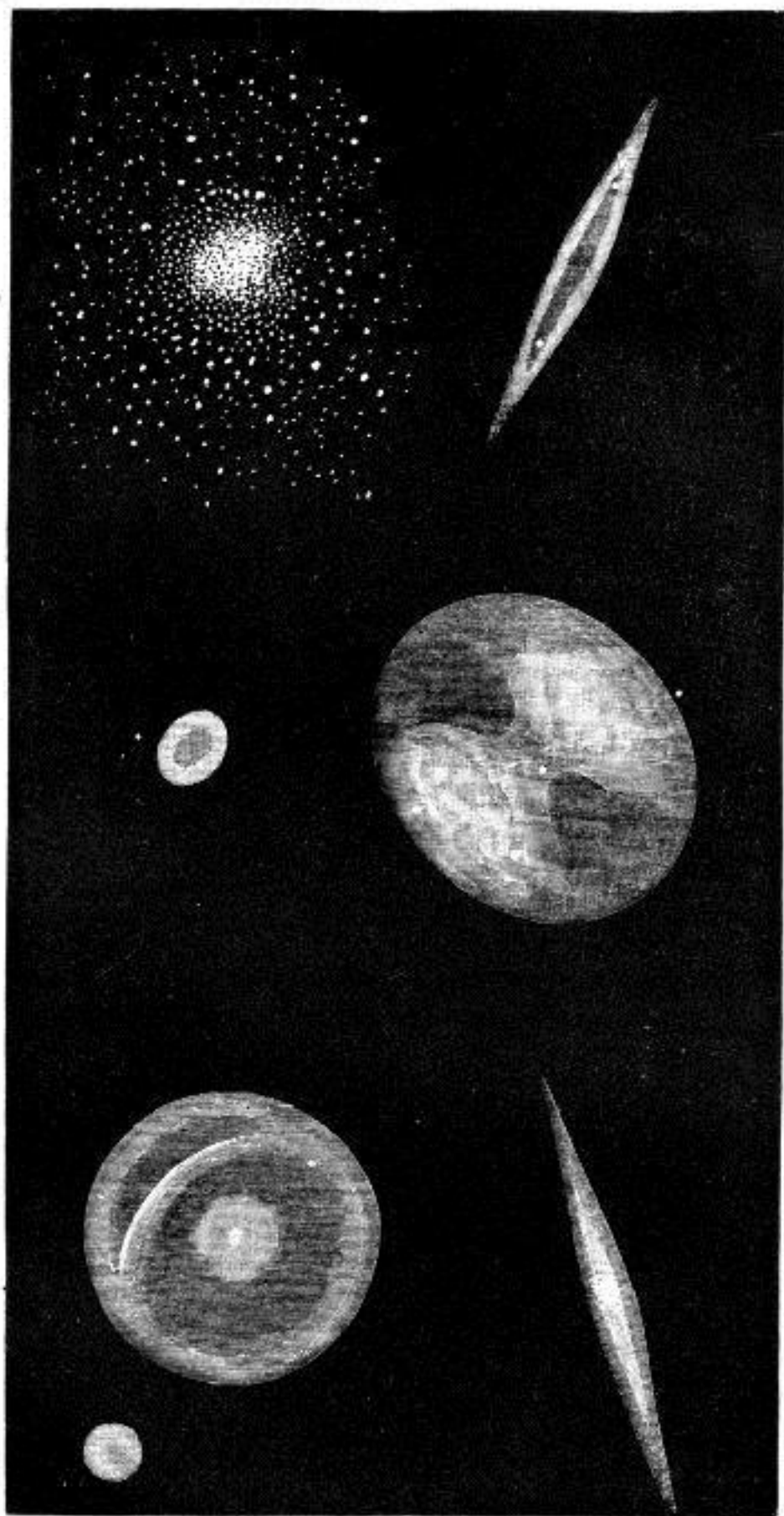


Табличка 7.



Они соответствуют № 1, 6 и 7 таблицы Фарадея в его 29-й серии экспериментальных исследований в области электричества.

Табличка 8.



1

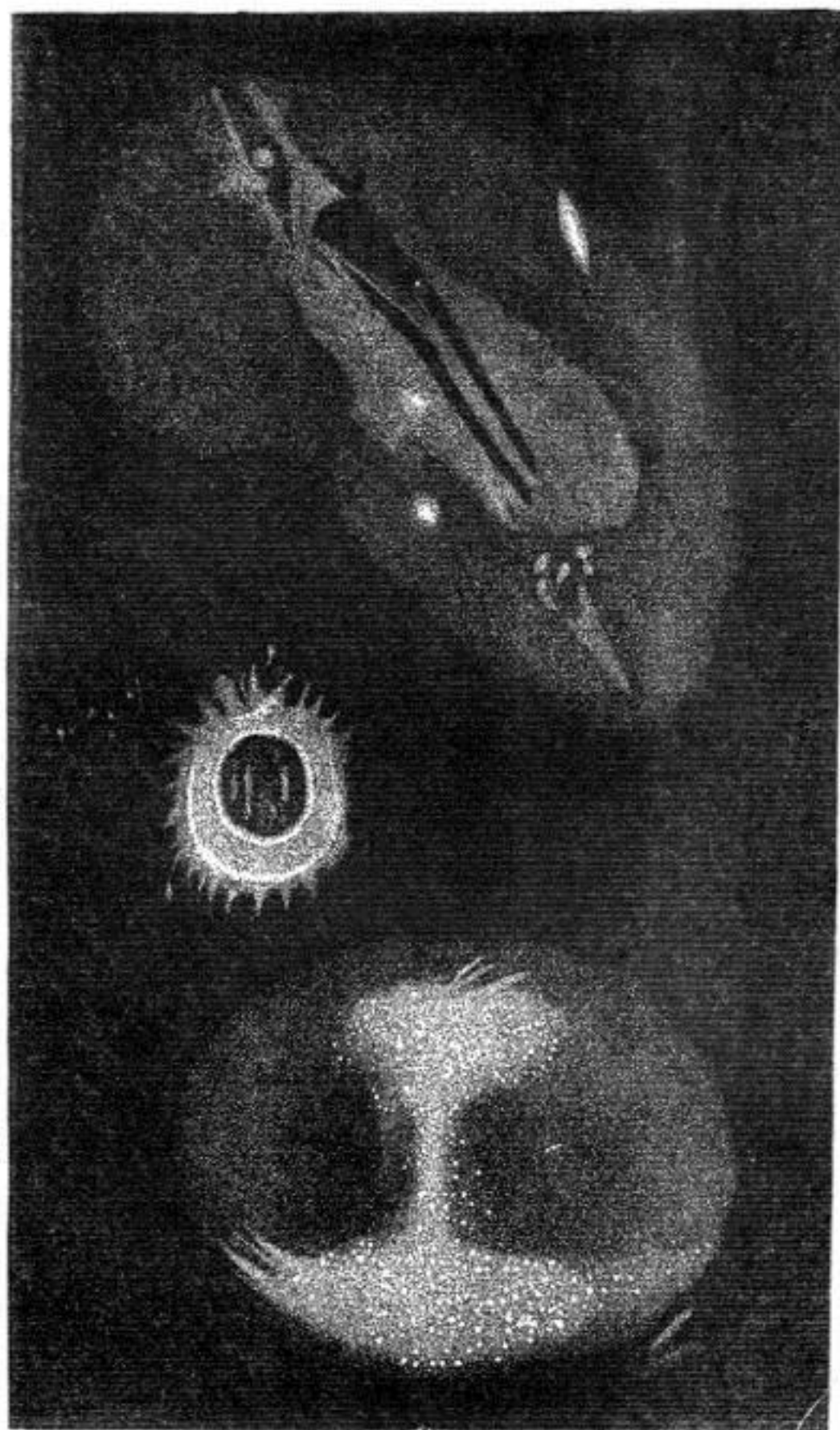
2

3

4

5

Табличка 9.



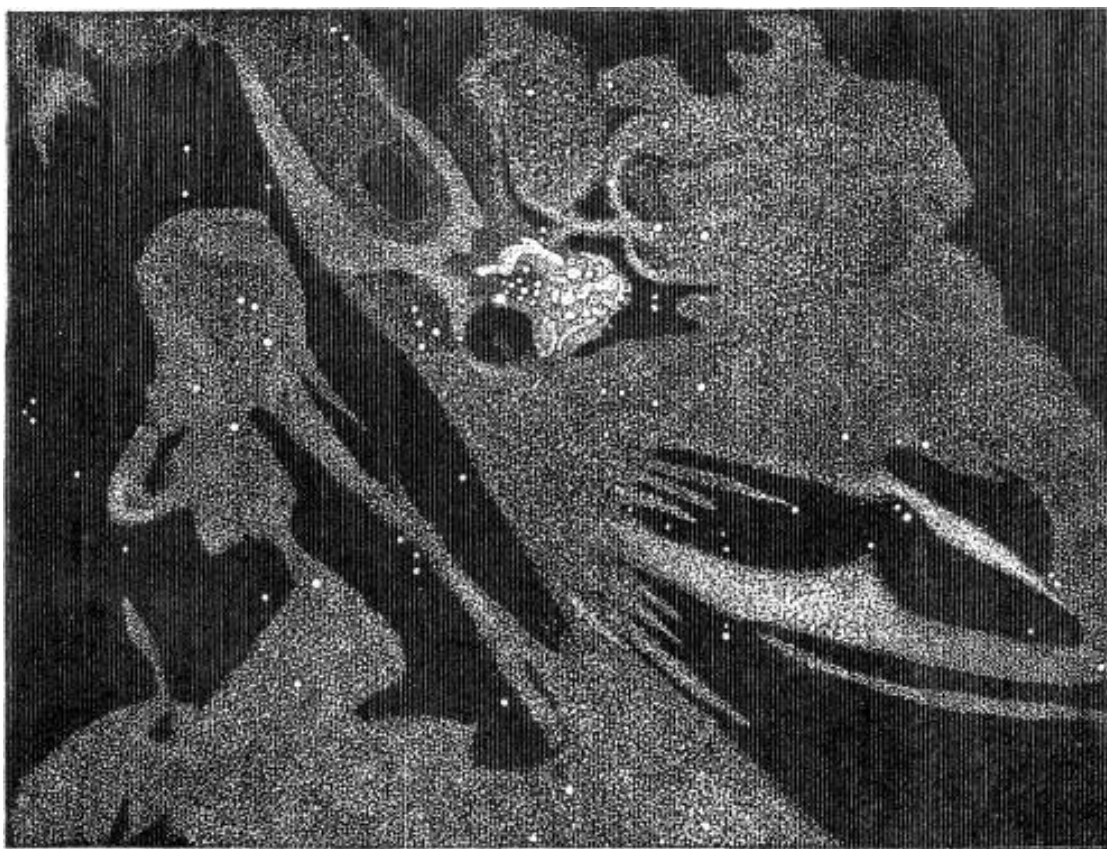
Табличка 10.

Рис. 1.



Спиральные туманности из 51 туманности Мессье, виденные лордом Россом.

Рис. 2.



Большая туманность Ориона.

Сноски

1. Среднее расстояние Земли от Солнца составляет 95 000 000 миль, но, чтобы избежать неудобств, связанных с большими числами, предполагается, что это единица измерения расстояния; следовательно, среднее расстояние от Марса равно $1 \cdot 52369$, или почти $1 \cdot 5$, так как расстояние от земли равно 1.
2. Отклонение, указанное в тексте, относится к 1858 году.
3. Сэр Джон Гершель отмечает, что в градусе меридиана нашей широты столько же тысяч футов, сколько дней в году, а именно 365 000.
Гринвичская обсерватория находится в Северной Широте. $51^{\circ} 28' 40''$.
4. Или, правильнее сказать, $3422'' \cdot 325$ и 238 793 мили, как следует из более точных расчетов мистера Адамса.
5. Нептун был открыт в 1846 году.
6. Спутники двух великих планет на самой дальней окраине солнечной системы составляют исключительное исключение из этого закона.

7. Смотрите главу о приливах и течениях в "Физической географии" автора, 4-е издание.
8. Сэр Джон Гершель по метеорологии.
9. Бакерианская лекция Майкла Фарадея, эсквайра. Филолог. Пер. 1857.
10. См. стр. 104.
11. М. Марбах из Бреслау.
12. "Метеорология" сэра Дж. Гершеля.
13. Эта теория тепла и движения возникла благодаря мистеру Джоулю из Манчестера, который с величайшим талантом поддерживал ее как экспериментом, так и анализом; и у нее был способный защитник в лице профессора У. Томсон из Глазго.
14. Этому замечательному человеку мир обязан созданием железнодорожной системы с локомотивами, которая быстро продвигает цивилизацию человечества. Британия вполне может гордиться своим рабочим классом, который может произвести на свет таких людей; и мистер Джордж Стивенсон не единственный; есть много других; но ни один человек никогда не оказывал большего влияния своими трудами и открытиями на дела человечества.
15. "Соотношение физических сил" У. Р. Гроува, эсквайра, одно из самых замечательных и талантливых появившихся произведений, перед которым автор с удовольствием признает свои обязательства.
16. "Эрипуит фульмен Кло, скипетр тиранниса" - надпись на медали, отчеканенной в честь Франклина.
17. Фарадей.
18. Профессор Маттеуччи все еще выражает сомнения на этот счет, но еще не закончил свои эксперименты.
19. Бэббидж.
20. Phil. Mag. за май 1858 года.

Примечания переписчика

В первоначальный текст были внесены некоторые исправления. В частности, исправлена пунктуация без дополнительных примечаний. Непоследовательная орфография и расстановка переносов сохранены, если не указано иное. В оригинале было два [примечания 189](#); это было сохранено в напечатанном виде. Правописание записей индекса было изменено, чтобы отразить основной текст, в котором были обнаружены несоответствия. Номера страниц индекса были исправлены там, где были обнаружены ошибки. Дальнейшие исправления отмечены ниже:

стр. [50](#) 0·005·1449 -> 0·0051449

стр. [61](#) 24,000 -> 240,000

р. [62](#) M. Leverrier -> M. Le Verrier

стр. 84 в среднем солнечном дне -> в среднем солнечном дне

стр. 96 сизигии -> сизигии

стр. 115 возникающий -> возникающий

стр. 120 Herchel -> Гершель

стр. 123 общеизвестно -> общеизвестно

стр. 159 Фраунгофферовский -> Фраунгоферовский

стр. 168 противоречащий -> противоречащий

стр. 214 оксид -> окись

стр. 216 апертура -> диафрагма

стр. 296 М. Ньепс -> М. Ньепсе

стр. 306 торрезеллиан -> Торричеллиан

стр. 307 калий -> поташ

р. 350 de Roux -> le Roux

стр. 423 В -> β

стр. 447 площадной -> воздушный

стр. 456 перигей -> perigee

стр. 471 108° -> 180°

стр. 478 Мейсье -> Мессье